

La pollinisation de la camerise

Essai d'introduction d'insectes pollinisateurs Phase 2



Agriculture, Pêcheries
et Alimentation

Québec 





Crédits

Rédaction

Kévin Lanoue-Piché, technologue agricole, Culteur'Innov

Soutien à la rédaction

Stéphane Demers, biologiste M. Sc., Culteur'Innov

Coordination du projet

Andrée Tremblay, technologue agricole, MAPAQ Saguenay Lac-Saint-Jean

Caroline Turcotte, agronome, Conseillère en horticulture fruitière, MAPAQ Estrie

Élisabeth Lefrançois, agronome, Conseillère en cultures fruitières en émergence, MAPAQ Montérégie

Madeline Chagnon, entomologiste et chercheure en apiculture, UQAM

Kévin Lanoue-Piché, technologue agricole, Culteur'Innov

Pierre-Olivier Martel, agronome, Conseiller en horticulture fruitière, MAPAQ Saguenay Lac-Saint-Jean

Stéphane Demers, biologiste M. Sc., Culteur'Innov

Analyse statistique

Stéphane Demers, biologiste M. Sc., Culteur'Innov

Remerciements

Nous remercions chaleureusement toutes les productrices et tous les producteurs ayant permis la réalisation de ce projet. Nous remercions également les personnes ayant participé à l'installation des parcelles, à la prise de données, à la cueillette des fruits ainsi qu'à l'interprétation des résultats. Merci à Koppert biological systems d'avoir offert les ruchettes ainsi qu'à Thierry Chouffot pour le soutien et l'accompagnement tout au long du projet.

Photographies

Kévin Lanoue-Piché, Culteur'Innov

Ce projet a été réalisé grâce à une participation financière du programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région du MAPAQ :

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec 



Table des matières

1)	Introduction	6
2)	Les objectifs.....	8
3)	Methodologies	8
3.1	Description des sites expérimentaux	8
3.2	Évaluation du déficit de pollinisation (2016-2017)	12
3.3	Évaluation de la mise à fruit (2016 et 2017)	13
3.4	Comparaison des rendements entre les rangées pures et les rangées mixtes (2016 et 2017)	13
3.5	Évaluation du patron de déplacement des bourdons (2016 seulement)	14
3.6	Évaluation de l'achalandage des insectes pollinisateurs (2017 seulement).....	14
3.7	Analyse statistique	15
4)	Résultats.....	16
4.1	Évaluation du déficit de pollinisation.....	16
4.2	Perte de rendement selon la distance avec un plant pollinisateur	26
4.3	Évaluation de la mise à fruit (2017)	28
4.4	Comparaison des rendements entre rangée mixte et rangée pure.....	29
4.5	Évaluation du patron de déplacement des bourdons (2016 seulement)	31
4.6	Évaluation de l'achalandage des insectes pollinisateurs (2017 seulement).....	33
5)	Discussion.....	38
5.1	Évaluation du déficit de pollinisation.....	38
5.2	L'importance des plants pollinisateurs	40
5.3	Évaluation du patron de déplacement du bourdon (2016)	41
6)	Conclusion	42
7)	Références.....	43

Liste des figures

Figure 1.	Photo du site en Montérégie (site 2016).	9
Figure 2.	Photo du site en Montérégie (site 2017).	9
Figure 3.	Photo panoramique du site en Estrie.....	9
Figure 4.	Photo panoramique du site au Centre-du-Québec.....	10
Figure 5.	Photo panoramique du site « Alma 1 » au Saguenay Lac-Saint-Jean.	10





Figure 6. Photo du site « Alma 2 » au Saguenay Lac-Saint-Jean.....	11
Figure 7. Photo du site « Alma 3 » au Saguenay Lac-Saint-Jean.....	11
Figure 8. Ruchettes de bourdons fébriles.....	13
Figure 9. Traces de marquage laissées par les pattes de bourdons sur les fleurs de camerisiers (exemple de qualification : 1).....	15
Figure 10. Photo de camerisiers en fleurs.....	15
Figure 11. Comparaison du rendement vendable relatif (g/m ³) en Montérégie (2016).	17
Figure 12. Comparaison du rendement vendable (g/m ³) entre les traitements en Montérégie (2017).	18
Figure 13. Comparaison du rendement vendable (g/m ³) entre les traitements pour les années 2016 et 2017 sur le site en Estrie.....	19
Figure 14. Comparaison du rendement vendable (g/m ³) entre bourdons introduits (filet 1 :4) et abeilles (1 :4) sur le site du Centre-du-Québec.....	19
Figure 15. Comparaison du rendement vendable (g/m ³) entre les traitements pour les années 2016 et 2017 sur le site Alma 1.....	20
Figure 16. Comparaison du rendement vendable (g/m ³) entre les traitements pour les années 2016 et 2017 sur le site Alma 2.....	21
Figure 17. Comparaison du rendement vendable (g/m ³) sur le site Alma 3.....	21
Figure 18. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements sur le site en Montérégie (2016).	22
Figure 19. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements sur le site en Montérégie (2017).	22
Figure 20. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements, selon les années sur le site en Estrie.....	23
Figure 21. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements sur le site au Centre-du-Québec.	24
Figure 22. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements, selon les années sur le site Alma 1.	24
Figure 23. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements, selon les années sur le site Alma 2.	25
Figure 24. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements sur le site Alma 3 en 2017.	26
Figure 25. Perte de rendement vendable des plants sous filet selon leur distance avec un plant pollinisateur, en 2016, pour tous les sites (2m vs 1m, 3m vs 1m, 4m et + vs 1m).	27
Figure 26. Perte de rendement vendable selon la distance avec un plant pollinisateur selon le traitement (filet vs témoin), en 2017, pour tous les sites (2m vs 1m, 3m vs 1m).	28





Figure 27. Comparaison du nombre de fruits perdus sur les branches évaluées entre les traitements sur chacun des sites.	29
Figure 28. Rendement vendable entre rangées mixtes et rangées pures sur le site en Montérégie (2016).	30
Figure 29. Rendement vendable entre rangées mixtes et rangées pures sur le site au Centre-du-Québec.	30
Figure 30. Rendement vendable entre rangées mixtes et rangées pures sur le site Alma 2 pour les années 2016 et 2017.	31
Figure 31. Nombre de plants visités par bourdon selon le nombre de rangs visités sur les sites Estrie et Montérégie (1 = 1 rang visité, 2 = 2 rangs visités, 3 = 3 rangs visités et 4 = 4 rangs visités et plus).	32
Figure 32. Nombre de plants visités par bourdon selon le nombre de rangs visités sur les sites Alma 1 et Alma 2 (1 = 1 rang visité, 2 = 2 rangs visités, 3 = 3 rangs visités et 4 = 4 rangs visités et plus).	33
Figure 33. Nombre moyen de bourdons indigènes observés dans les témoins par période de 10 minutes sur chacun des sites.	34
Figure 34. Nombre moyen de bourdons introduits sous les filets observés par période de 10 minutes sur chacun des sites.	34
Figure 35. Comparaison de l'achalandage des bourdons introduits (filets) vs bourdons indigènes (témoins) selon les sites.	35
Figure 36. Nombre moyen d'abeilles observées dans les témoins par période de 10 minutes sur chacun des sites.	36
Figure 37. Nombre moyen d'abeilles observées dans les témoins par période de 10 minutes sur les sites avec introductions (Alma 3 et Centre-du-Québec) ainsi que Montérégie.	36
Figure 38. Quantité moyenne de traces de pattes laissées sur les fleurs (marquage) par les bourdons, selon les traitements, les 12 et 18 mai 2018 sur le site en Estrie.	37





1) Introduction

Le service de pollinisation par des espèces introduites peut être considéré comme une technique agricole pouvant augmenter les rendements dans plusieurs cultures fruitières. La camerise est une culture émergente à haut potentiel économique qui nécessite obligatoirement deux cultivars pollinisateurs (compatibles) et non apparentés pour assurer une pollinisation efficace. Selon le guide de production de la camerise (2015), un rendement de 4 kg a été observé au Québec dans des plants des cultivars Tundra et Indigo âgés de 6 ans. Cependant, le rendement moyen généralement obtenu dans les vergers commerciaux du Québec varie présentement de 0,5 kg à un peu moins de 2 kg par plant de 6 ans. Il y a un manque à gagner. L'importance du positionnement des plants pollinisateurs, et du rôle quantitatif (nombre de visites) et qualitatif (espèce introduite) des insectes pollinisateurs dans le transfert de pollen n'est pas connue. De plus, les besoins de cette culture en matière de pollinisation entomophile selon différentes régions bioclimatiques du Québec produisant cette culture ne sont pas connus (régions du Saguenay-Lac-St-Jean versus Estrie, Centre-du-Québec et Montérégie). En déterminant un plan de mise en culture des plants pollinisateurs et les besoins de visites aux fleurs selon l'espèce introduite (abeille ou bourdon) le projet offrira des connaissances nouvelles qui permettront de recommander un modèle de plantation et de pollinisation adapté aux régions agricoles concernées.

La culture de la camerise (*Lonicera caerulea*) est toujours en plein essor. En 2015, le nombre total de plants implanté a franchi le cap du 1 million chez plus de 200 entreprises. La camerise nécessite une pollinisation croisée entre deux cultivars compatibles pour produire des fruits. Le cultivar Berry Blue est le cultivar pollinisateur le plus couramment utilisé au Québec. La camerise a des fleurs géminées, c'est-à-dire une inflorescence à double-fleur, avec 5 lobes égaux, d'un blanc jaunâtre, inodores. Les ovaires inférieurs des 2 fleurs sont regroupés en feuilles/sépales qui forment un revêtement homogène du fruit multiple. Ainsi, le fruit mûr se compose en fait de 2 baies et ressemble à une baie simple. Assez sucrés pour être consommés frais, les fruits peuvent également être transformés. La camerise est une excellente source alimentaire de composés phytochimiques nutraceutiques (anthocyanes, polyphénols et acide ascorbique) (Plekhanova 2000, Thompson et Chaovanalikit, 2003) et possède un grand potentiel antioxydant (Vasantha Rupasinghe et coll., 2012).

Il est connu qu'une pollinisation limitée peut réduire le taux de mise à fruit et le nombre de graines par fruit et ce, pour plusieurs productions. Il est également connu que lorsque la disponibilité des ressources de la plante sont limitées (ex. : sols pauvres en éléments nutritifs et en eau), la mise à fruit nécessitera une pollinisation plus efficace (Knight et coll., 2005). Au Saguenay-Lac-St-Jean, une étude entreprise par le MAPAQ (Beaudoin et coll., 2012) a démontré que les bourdons fébriles avaient un impact significatif sur le rendement du camérisier. Toutefois, l'étude souligne certaines lacunes dans son analyse telles que la contribution des autres pollinisateurs. Des études venant de Pologne rapportent que les fleurs du camérisier sont visitées par les abeilles, les bourdons et les abeilles solitaires (Božek, 2007). Ces études ont été confirmées lors de la première phase du présent projet auquel un total de 10 espèces de bourdons et 10 autres insectes pollinisateurs dont l'abeille domestique a été identifié dans les parcelles de l'Estrie et du Saguenay Lac-Saint-Jean (Lanoue-Piché et Demers, 2016).





Selon une étude réalisée en Pologne, la nouaison des fleurs du camérisier est aussi fortement reliée à la présence des insectes, passant de moins de 24% lorsqu'il n'y a pas d'insectes pollinisateurs à près de 89% lorsque les insectes peuvent visiter librement les fleurs (Bozek, 2007). Ils ont aussi observé que le poids des fruits pouvait doubler sous de bonnes conditions de pollinisation et que les fruits développés à partir de fleurs non butinées par les insectes avaient significativement moins de graines.

Selon Roubik (1989), avoir une grande diversité de micro-habitats pour la nidification des pollinisateurs et maintenir une flore riche tout au long de la saison sont les critères primordiaux afin de s'assurer une pollinisation convenable des espèces cultivées. Les fossés, les bordures de forêt et de champs, les friches, les bandes riveraines et autres zones non activement cultivées peuvent répondre plus ou moins efficacement à chacun des besoins des pollinisateurs. L'utilisation et la protection des différentes composantes du paysage agricole pourraient être indispensables pour la conservation des pollinisateurs indigènes. Au sud du Québec, les camérisiers fleurissent très tôt, fin avril-début mai, soit à un moment où les abeilles domestiques peuvent être moins efficaces à cause du temps froid. De plus, il est préférable d'identifier, de préserver et de favoriser les milieux naturels qui permettent une diversité de pollinisateurs. Toutefois, dans l'attente d'un aménagement favorisant leur nombre, certains producteurs ont recours à l'introduction de ruches de bourdons.

L'étude de Bozek (2007) conclue que la présence suffisante d'insectes pollinisateurs pouvait augmenter les récoltes en fruits et la qualité des fruits du camérisier. La biodiversité des insectes pollinisateurs est essentielle à la pollinisation et à la production de la camerise. En effet, selon Frier (2016), l'abeille domestique est efficace, non pas en tant qu'individu, mais par son effet masse sur la pollinisation. Une expérience a démontré que pour chaque bourdon qui entre dans sa ruche ou en sort, environ 1 000 abeilles entrent à la ruche ou en sortent (Desjardins, 2003). Le bourdon quant à lui peut être jusqu'à quatre fois plus efficace que l'abeille pour transférer le pollen d'une fleur à l'autre, ce qui compense pour sa faible densité d'individus (Javorek et coll., 2002). De plus, le bourdon est plus actif que l'abeille lors de températures froides du printemps. Des différences significatives au niveau des pollinisateurs indigènes (diversité et abondance) entre les sites situés en Estrie et au Saguenay Lac-Saint-Jean ont déjà été démontrées (Lanoue-Piché et Demers, 2016). Bien que l'introduction de ruches de bourdons sur des sites à faible présence d'insectes pollinisateurs semble une avenue intéressante pour les producteurs, aucune donnée ne permet de quantifier le nombre de ruches nécessaires pour rentabiliser leur achat.

L'hypothèse de départ est que la culture de la camerise n'atteint pas son rendement idéal au Québec à cause d'un déficit de pollinisation. Hyp. 1: Un meilleur positionnement des plants pollinisateurs permettrait un meilleur transfert de pollen par les insectes et donc une meilleure mise à fruit. Hyp. 2: Un plus grand nombre de visites d'insectes pollinisateurs aux fleurs augmenterait la mise à fruit. Une meilleure mise à fruit permettrait d'accroître les rendements, ce qui augmenterait la rentabilité pour les producteurs. Nous visons à connaître le déficit de pollinisation et la cause principale (positionnement des plants et densité des insectes) qui limitent le rendement. L'efficacité de la pollinisation sera évaluée en comparant : la qualité (mise à fruit) et





la quantité (poids/volume) de fruits produits par la pollinisation de 2 espèces (bourdons et abeilles) introduites comparativement aux insectes pollinisateurs indigènes.

2) Les objectifs

L'objectif global du projet est de déterminer si les insectes pollinisateurs indigènes peuvent assurer des rendements optimums pour la camerise. Les objectifs spécifiques à cette deuxième phase sont les suivants :

- Identifier un plan de positionnement des plants pollinisateurs idéal
- Évaluer le déficit de pollinisation dans les vergers de camerise du Québec
- Comparer les rendements suite à l'introduction de bourdons et d'abeilles
- Comptabiliser le gain en rendement d'une pollinisation idéale.

3) Methodologies

Le projet est réalisé sur une période de deux ans et sur sept sites expérimentaux au sud et au nord du Québec. Deux sites sont situés en Montérégie (un en 2016, l'autre en 2017), un en Estrie (2016 et 2017), un au Centre-du-Québec (2017), deux au Saguenay Lac-Saint-Jean (2016 et 2017) puis un troisième au Saguenay-Lac-Saint-Jean en 2017¹. Le projet comprend cinq activités : l'évaluation du déficit de pollinisation, l'identification d'un plan de positionnement du plant pollinisateur, l'évaluation de la mise à fruit, la comparaison des rendements entre les rangées pures et les rangées mixtes, l'identification du patron de déplacement des bourdons et finalement, la comparaison entre les rendements obtenus d'une pollinisation assurée par les abeilles domestiques et les bourdons introduits.

Le plant pollinisateur utilisé pour l'étude est le cultivar Berry Blue. Le ratio mentionné dans les descriptions des sites expérimentaux représente la séquence des cultivars implantés sur une ligne où le premier chiffre correspond au nombre de plant pollinisateur suivi par le deuxième chiffre représentant le nombre de plants du cultivar compatible. Par exemple, un ratio 1 :4 signifie la séquence suivante : 1 Berry Blue suivi de 4 Indigo Treat.

3.1 Description des sites expérimentaux

- **Montérégie (site 2016) :**
Situé à Sainte-Cécile de Milton, le verger est constitué de camerisiers, de bleuetiers et de framboisiers. La camerisière a été implantée sur plusieurs années et continue son expansion. La partie du verger où l'étude se tient a été implantée en 2011 et est configurée selon le modèle composé de deux rangées pures pour une rangée mixte (la rangée mixte contient un ratio de 1 :2).

¹ En 2017, le protocole a été légèrement modifié pour contrer certaines lacunes observées en 2016. Le site en Montérégie a été changé pour un autre puisqu'il ne convenait plus au dispositif expérimental. Le filet 1:8 a été retiré. Deux sites avec introductions d'abeilles ont été ajoutés afin de comparer avec les introductions de bourdons. Les prises de données sur les patrons de bourdons effectués en 2106 ont été retirées en 2017 et remplacées par des blocs d'observations des insectes.





Figure 1. Photo du site en Montérégie (site 2016).

- **Montérégie (site 2017) :**

Situé à St-Jude, le site contient environ 560 camerisiers ont été plantés en 2010 et 2500 bleuétiers entre 2007 et 2009. La camerisière est établie selon le modèle de rangées mixtes avec un ratio de 1 :4. La camerise est vouée à l'autocueillette seulement.



Figure 2. Photo du site en Montérégie (site 2017).

- **Estrie (2016-2017) :**

Le site à l'étude est situé à Cleveland. L'entreprise cultive des camerisiers implantés en 2009 ainsi que des cerisiers nains rustiques. Le ratio du site est 1:4.



Figure 3. Photo panoramique du site en Estrie.





- **Centre-du-Québec (2017)**

La camerisière située à St-Louis de Blandford compte plus de 42 000 plants sur une quinzaine d'hectares. Les plants à l'étude ont été plantés en 2014. Le verger dispose de rangées pures sans rangées mixtes (1 rangée entière d'un cultivar pollinisateur suivi de 3 rangées entières d'un cultivar compatible). La parcelle à l'étude est située dans un secteur implanté selon la séquence suivante : 1 rangée de Berry Blue suivie de 3 rangées de cultivars compatibles (Indigo Gem, Indigo Treat et Tundra). De plus, lors de la floraison, des gros plants de Berry Blue en pots sont ajoutés et distribués uniformément à travers le verger. Le ratio visé pour les parcelles expérimentales en ajoutant des plants Berry Blue en pots est de 1 :4.



Figure 4. Photo panoramique du site au Centre-du-Québec.

- **Alma 1 (2016-2017) :**

Les trois sites du Saguenay Lac-Saint-Jean sont situés dans le secteur de Saint-Cœur-de-Marie à Alma. Alma 1 est un verger de camerise implanté en 2010. Le modèle de verger est basé sur des rangées mixtes avec un ratio de 1:5.



Figure 5. Photo panoramique du site « Alma 1 » au Saguenay Lac-Saint-Jean.





- **Alma 2 (2016-2017):**

La camerisière a été implantée en 2011. Le modèle de verger est basé sur les rangées pures dont la séquence est de deux rangées pures pour une rangée mixte (le ratio de la rangée mixte des de 1 :2



Figure 6. Photo du site « Alma 2 » au Saguenay Lac-Saint-Jean.

- **Alma 3 (2017) :**

Le troisième site au Lac St-Jean, Alma 3, est un site ayant 2700 plants de camerises ainsi que plusieurs autres cultures émergentes. Le verger est composé de rangées pures et de rangées mixtes. Les plants à l'essai ont été plantés en 2011 alors que les Berry Blue l'ont été en 2010. La rangée utilisée pour l'essai est une rangée mixte dont le ratio varie entre 1 :2 et 1 :4.



Figure 7. Photo du site « Alma 3 » au Saguenay Lac-Saint-Jean.





3.2 Évaluation du déficit de pollinisation (2016-2017)

3.2.1 En 2016 :

- **Bourçons introduits (incluant une comparaison de différents ratios plant pollinisateur/plant compatible) vs entomofaune indigène:**
 - a) Filet 1:8 : représente une parcelle comprenant un (1) plant compatible Berry Blue et huit (8) plants Indigo Treat. Cette parcelle est recouverte d'un filet anti-insectes afin d'introduire une ruche de bourçons pour assurer un maximum de pollinisation
 - b) Filet 1:4 : représente une parcelle comprenant deux (2) plants pollinisateur Berry Blue et huit (8) plants Indigo Treat. Cette parcelle est recouverte d'un filet anti-insectes afin d'introduire une ruche de bourçons pour assurer un maximum de pollinisation.
 - c) Témoin : parcelle de huit plants Indigo Treat sans filet. La pollinisation est assurée par l'entomofaune indigène

3.2.2 En 2017

- **Bourçons vs entomofaune indigène (Montérégie, Estrie, Alma 1 et Alma 2) :**
 - a) Filet : représente une parcelle avec introduction d'une ruche de bourçons. La parcelle contient huit (8) plants Indigo Treat et le nombre de plants pollinisateurs (Berry Blue) est en fonction du ratio établi dans le verger, soit le même que pour les témoins (ex. : Berry Blue : Indigo Treat = 1 :4).
 - b) Témoin : parcelle de huit (8) plants Indigo Treat sans filet. La pollinisation est assurée par l'entomofaune indigène
- **Bourçons vs abeilles + entomofaune indigène (Centre-du-Québec et Alma 3) :**
 - a) Filet représente une parcelle avec introduction d'une ruche de bourçons. La parcelle contient huit (8) plants Indigo Treat et le nombre de plants pollinisateurs (Berry Blue) est en fonction du ratio établi dans le verger, soit le même que pour les témoins (ex. : Berry Blue : Indigo Treat = 1 :4).
 - b) Abeilles : Parcelle de 8 plants Indigo Treat (Indigo Gem pour Alma 3) sans filets et le nombre de plants pollinisateurs (Berry Blue) est en fonction du ratio établi dans le verger. La pollinisation est assurée par l'entomofaune indigène ET l'introduction de ruches d'abeilles sur le site.

Chaque traitement possède 3 réplicas pour obtenir un total de 9 parcelles par site en 2016 et 6 parcelles par site en 2017. Les parcelles expérimentales avec introduction de bourçons sont couvertes de filet anti-insectes soutenues par des poteaux de bois afin de maintenir les bourçons en captivité à l'intérieur dans le but d'assurer une pollinisation maximale des plants. Selon le guide de production de la camerise (2015), 2 quads par hectare seraient suffisants pour assurer une bonne pollinisation. Un quad contient 4 ruchettes. Selon le fabricant Koppert, chaque ruchette a le potentiel de contenir environ 250 ouvrières (*Bombus impatiens*). Toutefois, la colonie peut contenir entre 100 et 150 ouvrières en début de saison. Chaque parcelle filet contient une ruchette, un





nombre amplement suffisant pour assurer une pollinisation maximale des fleurs. Les ruchettes sont une gracieuseté de la compagnie Koppert, biological systems.



Figure 8. Ruchettes de bourdons fébriles.

Les parcelles avec introduction d'abeilles domestiques ne sont pas couvertes et sont ouvertes aux abeilles et aux pollinisateurs indigènes. Le site au Centre-du-Québec contient 150 ruches pour polliniser environ 11 hectares de camerisiers en fleurs (implantations 2014 et 2015). Les 150 ruches sont situées à environ 100m des parcelles expérimentales. Le site Alma 3 contient 100 ruches pour polliniser environ 4 hectares de cultures fruitières diversifiées (camerisiers, cerisiers, amélanchiers etc.). Les 100 ruches du site Alma 3 sont situés à environ 1km des parcelles expérimentales.

Lors de la récolte, les fruits sont récoltés la main afin d'obtenir des données précises. Les rendements et les mesures sont pris sur chaque plant individuellement : poids total et rendement vendable de la récolte pour chaque plant, poids de 50 fruits, calibre des fruits et le nombre de fruits verts.

Les données de mise à fruit sont prises sur les cultivars Indigo Treat et Berry Blue alors que les données de récolte sont prises seulement sur le cultivar Indigo Treat. Toutefois, sur le site Alma 3, c'est le cultivar Indigo Gem qui a été utilisé faute de disponibilité du cultivar Indigo Treat en rangée mixte. Pour chacun des sites, le plant pollinisateur était le cultivar Berry Blue.

3.3 Évaluation de la mise à fruit (2016 et 2017)

Afin d'évaluer la mise à fruit, une (1) branche par plant sélectionné selon la méthodologie décrite au point 3.2 est identifiée et numérotée à l'aide d'une attache à pain. Le décompte des fleurs sur ces branches est effectué à quelques reprises entre la floraison et la nouaison. Par la suite, le nombre de fruit sur ces mêmes branches est compté lors de la récolte.

3.4 Comparaison des rendements entre les rangées pures et les rangées mixtes (2016 et 2017)

Pour ce point, des mesures de rendement sont prises sur des plants Indigo Treat situés dans une rangée pure près des parcelles témoins. Les résultats sont comparés avec ceux des témoins situés dans les rangées mixtes. Cette évaluation est effectuée sur les sites Montérégie (2016), Centre-du-Québec (2017) ainsi que le site Alma 2 (2016-2017). Les ratios (Berry Blue : Indigo Treat) des rangées mixtes sur chaque site sont : Montérégie (2016) (1 :2), Centre-du-Québec (1 :4) et Alma 2 (1 :2). Le site au Centre-du-Québec ne contient pas de rangée mixte. Puisque des plants de Berry Blue en pots sont ajoutés et distribués à travers le verger lors de la floraison, nous avons placés des pots sur une rangée pure afin d'obtenir le ratio 1 :4 et ainsi obtenir une rangée mixte.





3.5 Évaluation du patron de déplacement des bourdons (2016 seulement)

Pour ce sous-objectif, les données sont prises à l'extérieur des parcelles sur les sites à l'essai. Les observations sont effectuées à deux moments de la journée, soit le matin et l'après-midi, et consistent à suivre un bourdon à partir de son arrivée sur un premier plant jusqu'à son départ vers le large. Dès son arrivée, le décompte du nombre de fleurs, de plants et de rangées visitées est effectué. Un minimum de 30 bourdons sont suivis par période d'observation, par site. Cinq journées d'observations sont effectuées au total.

3.6 Évaluation de l'achalandage des insectes pollinisateurs (2017 seulement)

Afin d'évaluer la fréquence de visite des insectes pollinisateurs sur les camerisiers, des périodes d'observations ont été effectuées pour chacun des sites. En effet, 6 périodes de 10 minutes par plant choisi aléatoirement (3 plants sous filet, 3 plants témoin) ont été effectuées à 2 reprises par jour (a.m. et p.m. entre 8h et 17h), durant 2 à 3 jours selon les sites. Les journées d'observations étaient sélectionnées en fonction d'obtenir des conditions d'ensoleillement et des températures variées (plein soleil, nuageux, froid et chaud).

Afin de faciliter les observations, les insectes dénombrés sont seulement ceux qui se posent sur une ou plusieurs fleurs d'un seul côté du plant, soit celui où l'observateur est posté. Afin de diminuer les risques de perturber les insectes, l'observateur est assis et immobile du côté opposé au soleil par rapport au plant. Pour chaque visite (une visite = un insecte en provenance d'un autre plant qui se pose sur une ou plusieurs fleurs du plant observé), l'identité du pollinisateur est notée selon 3 catégories : abeille, bourdon, ou autre pollinisateur. De plus, des données météorologiques sont notées pour faire des liens avec les résultats obtenus lors de la phase 1 du présent projet.

3.6.1 Évaluation de l'intensité du marquage des bourdons sur les fleurs (site en Estrie en 2017 seulement)

Afin d'évaluer si la forte présence de bourdons sous les filets peut affecter négativement les fleurs par le surmarquage (trop de visites sur une même fleur), des évaluations visuelles basées sur une cote d'intensité de 1 à 3 ont été effectuées à 2 reprises sur les fleurs du site en Estrie. Pour ce faire, des fleurs ont été sélectionnées aléatoirement dans la parcelle témoin et dans les parcelles sous filets. Deux éléments ont été notés : le stade d'ouverture des fleurs et qualification du nombre de traces de marquage des pattes de bourdons. Légende : 0 = aucune trace, 1 = peu de traces, 2 = présence moyenne de traces, 3 = beaucoup de traces.





Figure 9. Traces de marquage laissées par les pattes de bourdons sur les fleurs de camérisiers (exemple de qualification : 1).



Figure 10. Photo de camérisiers en fleurs.

3.7 Analyse statistique

Dans le cadre des analyses statistiques, la normalité des résidus et l'égalité des variances n'ont pas été rencontrées pour les données, des tests non-paramétriques (ex. : Kruskal-Wallis) ont donc été utilisés pour comparer les résultats. Dans le cas de comparaison post-hoc entre les traitements, une correction a été appliquée pour minimiser les risques d'erreur de type I. La formule de Bonferroni





a été utilisée pour déterminer le niveau de confiance corrigé : $(\text{corrigé} = \alpha / (k(k-1)/2))$ ou $\alpha = 0,05$ et $k =$ le nombre de traitements à comparer (Scherrer 1984).

Afin de réduire le volume du rapport, plusieurs tableaux contiennent les résultats des deux années d'essais. Toutefois, aucune donnée n'est comparée entre les années 2016 et 2017 sur un même tableau.

4) Résultats

4.1 Évaluation du déficit de pollinisation

Tableau 1. Synthèse des résultats 2016-2017, section sur l'évaluation du déficit de pollinisation

2016	Montérégie			Estrie			Alma 1			Alma 2		
	Filet 1:8	Filet 1:4	Témoïn	Filet 1:8	Filet 1:4	Témoïn	Filet 1:8	Filet 1:4	Témoïn	Filet 1:8	Filet 1:4	Témoïn
Rendement vendable	n/a	+	-	-	+	±	-	+	+	-	-	+
Poids de 50 fruits	n/a	=	=	-	+	±	-	+	+	-	-	+
2017	Montérégie		Estrie		C-du-Q		Alma 1		Alma 2		Alma 3	
	Filet 1:4	Témoïn 1:4	Filet 1:4	Témoïn 1:4	Filet 1:4	Abeille 1:4	Filet 1:4	Témoïn 1:5	Filet 3:8	Témoïn 1:2	Filet 1:2	Abeille 1:2
Rendement vendable	-	+	=	=	-	+	=	=	=	=	=	=
Poids de 50 fruits	-	+	=	=	-	+	=	=	=	=	=	=

Légende :

- (+) : Différence significative, la valeur obtenue est supérieure à l'autre ou aux autres traitements.
- (-) : Différence significative, la valeur obtenue est inférieure à l'autre ou aux autres traitements.
- (±) : Aucune différence significative, la valeur obtenue est égale aux autres traitements alors qu'il y a une différence significative entre les autres traitements.
- (=) : Aucune différence significative entre tous les traitements.





En 2016 en Montérégie, des erreurs d'identification des cultivars ont été observés par les producteurs en fin de saison estivale, soit lorsque l'essai était terminé. Les rangs 21 et 23 qui avaient été identifiés comme de l'Indigo Treat se sont révélés être de l'Indigo Yum. Par conséquent, les données prises sur les plants d'Indigo Yum n'ont pas été retenues lors de l'analyse, ce qui a eu pour effet de diminuer considérablement le nombre de l'échantillon par traitement et d'influencer négativement la validité des résultats. Il s'est avéré que tous les filets 1:8 étaient situés dans les rangées d'Indigo Yum. Ceux-ci ne prennent pas part dans l'analyse. De plus, quelques plants distribués aléatoirement ont été retirés de l'analyse puisqu'ils ont été identifiés comme étant le cultivar Borealis. L'analyse du présent rapport ne tient compte que des résultats obtenus sur le cultivar Indigo Treat pour ce site. L'échantillon de plants Indigo Treat constitue seulement une (1) parcelle filet de 8 plants ainsi que de 14 plants témoins. Compte tenu ces incertitudes, le site de la région Montérégie a été changé pour l'année 2017.

Sur le site Alma 1 en 2016, une erreur d'identification des cultivars c'était glissée dans le plan de verger du producteur. En effet, une rangée complète comprenant un témoin, un filet 1:8 et un filet 1:4 étaient du cultivar Indigo Gem. Afin d'obtenir des données comparables, les plants du cultivar Indigo Gem ont été retirés des résultats.

4.1.1 Rendement vendable

Le rendement vendable signifie que le poids des fruits récolté est rapporté sur une unité de mesure du volume du plant (gramme/m^3). Cette mesure vise à comparer le rendement des plants en excluant les différences de grosseurs.

4.1.1.1 Montérégie (2016)

Le rendement du cultivar Indigo Treat est significativement plus élevé pour le traitement 1:4 sous filet que le témoin en Montérégie (Wilcoxon: $Z=-2,722$; $n=20$; $p=0,005$).

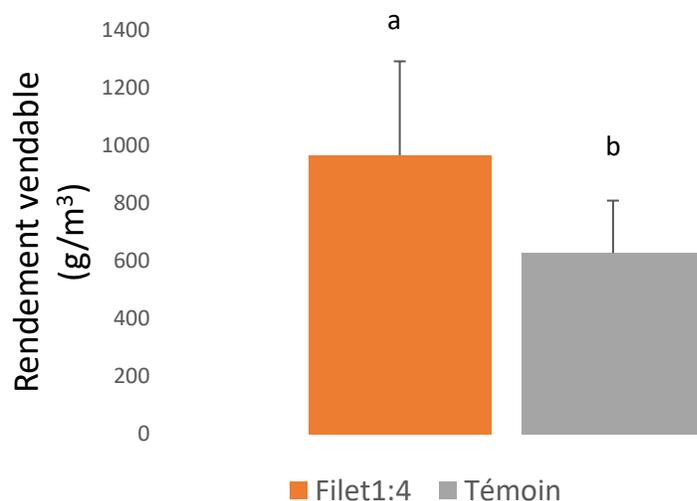


Figure 11. Comparaison du rendement vendable relatif (g/m^3) en Montérégie (2016).





4.1.1.2 Montérégie (2017)

Lorsqu'on compare les rendements entre les traitements, nous observons que les plants témoins (1:4) produisent significativement plus que les plants sous filets (1:4) (Wilcoxon: $Z=3,430$; $n=46$; $p=0,001$).

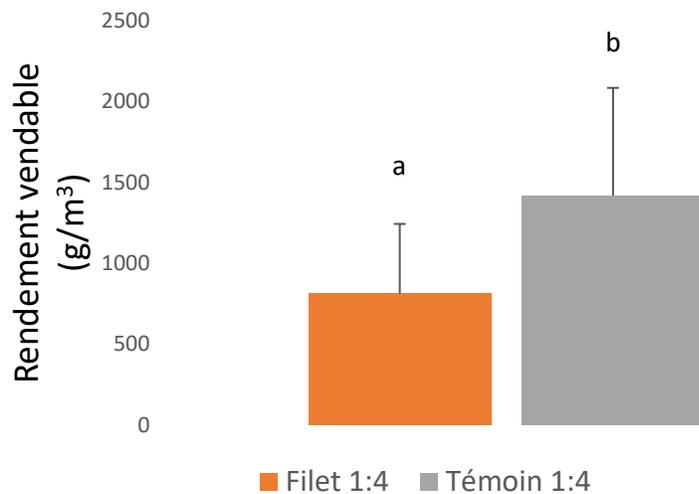


Figure 12. Comparaison du rendement vendable (g/m^3) entre les traitements en Montérégie (2017).

4.1.1.3 Estrie

Pour l'année 2016, il y a une différence significative entre les traitements au niveau du rendement vendable (Kruskal-Wallis: $\chi^2=9,494$; $\text{ddl} = 2$; $n=71$; $p=0,009$). Lors des comparaisons par paires, nous observons une différence significative entre le filet (1:8) et le filet (1:4) mais pas entre le filet (1:8) et témoin ni entre le filet (1:4) et le témoin. En effet, le filet (1:4) a un rendement vendable relatif plus élevé que le filet (1:8).

Toutefois, en 2017, il n'y a aucune différence significative entre les traitements au niveau des rendements (Wilcoxon: $Z=0,484$; $n=46$; $p=0,629$).



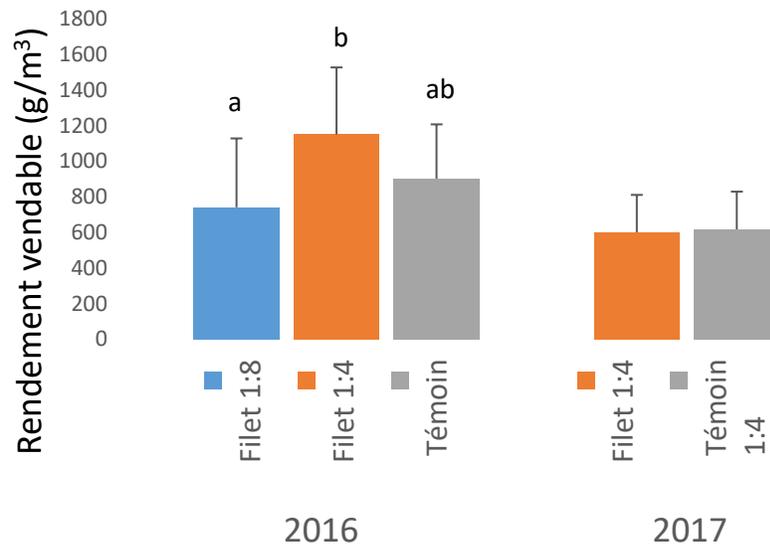


Figure 13. Comparaison du rendement vendable (g/m^3) entre les traitements pour les années 2016 et 2017 sur le site en Estrie.

4.1.1.4 Centre-du-Québec

Sur le site au Centre-du-Québec, il y a une différence statistique en ce qui a trait au rendement. En effet, les plants (avec abeilles, ratio 1 :4) produisent plus par unité de volume que les plants sous les filets (avec bourdons introduits, ratio 1 :4) (Wilcoxon: $Z = 5,877$; $n=48$; $p < 0,001$).

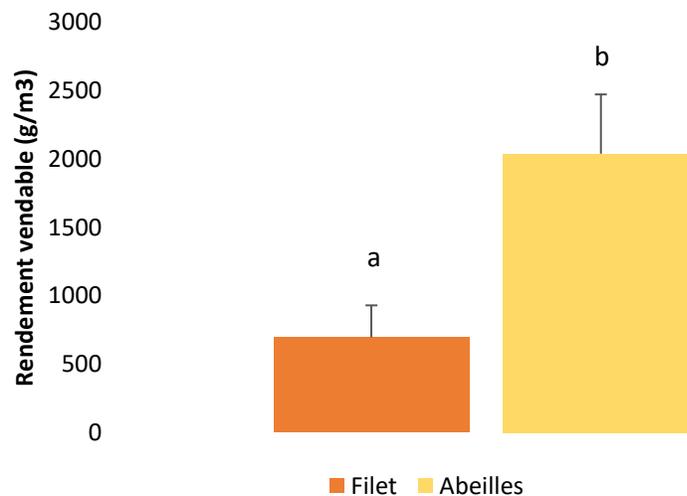


Figure 14. Comparaison du rendement vendable (g/m^3) entre bourdons introduits (filet 1 :4) et abeilles (1 :4) sur le site du Centre-du-Québec.





4.1.1.5 Alma 1

Pour l'année 2016, le rendement du cultivar Indigo Treat pour le traitement filet (1:8) est significativement plus faible que le traitement filet (1:4) ainsi que le témoin, pour le cultivar Indigo Treat (Kruskal-Wallis: $\chi^2=24,864$; ddl = 2; $n=47$; $p<0,001$). Aucune différence statistique entre le traitement filet (1:4) et le témoin.

Il n'y a toutefois aucune différence significative au niveau du rendement sur le site Alma 1 pour l'année 2017 (Wilcoxon: $Z=1,637$; $n=46$; $p=0,102$).

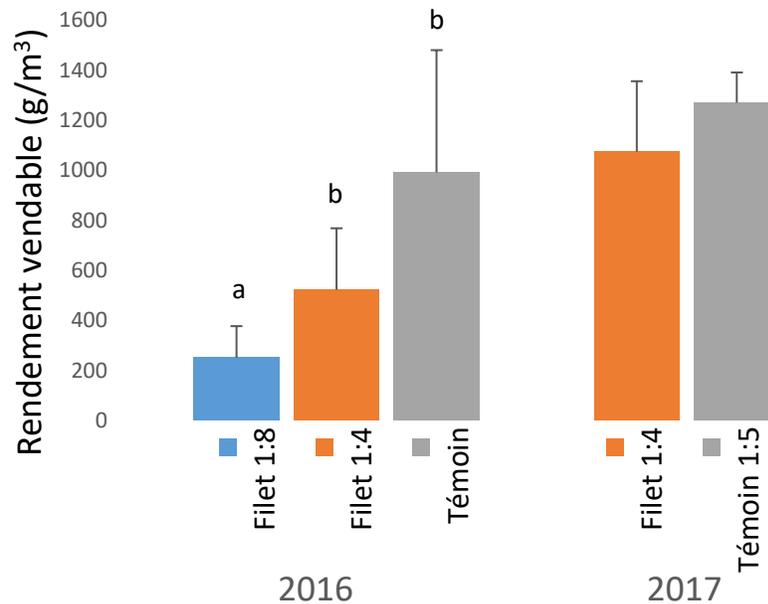


Figure 15. Comparaison du rendement vendable (g/m^3) entre les traitements pour les années 2016 et 2017 sur le site Alma 1.

4.1.1.6 Alma 2

En 2016, des différences statistiques ont été observées entre les traitements pour le rendement vendable (Kruskal-Wallis: $\chi^2=18,161$; ddl = 2; $n=72$; $p<0,001$). Lors des comparaisons par paires, nous observons une différence significative entre le filet (1:8) et le témoin ainsi qu'entre le filet (1:4) et le témoin mais pas entre le filet (1:8) et le filet (1:4). Ainsi les plants dans les parcelles témoin ont eu un meilleur rendement vendable par unité de volume que les plants provenant des autres parcelles.

Toutefois, en 2017, aucune différence significative n'est ressortie de l'analyse (Wilcoxon: $Z=0,866$; $n=48$; $p=0,386$).



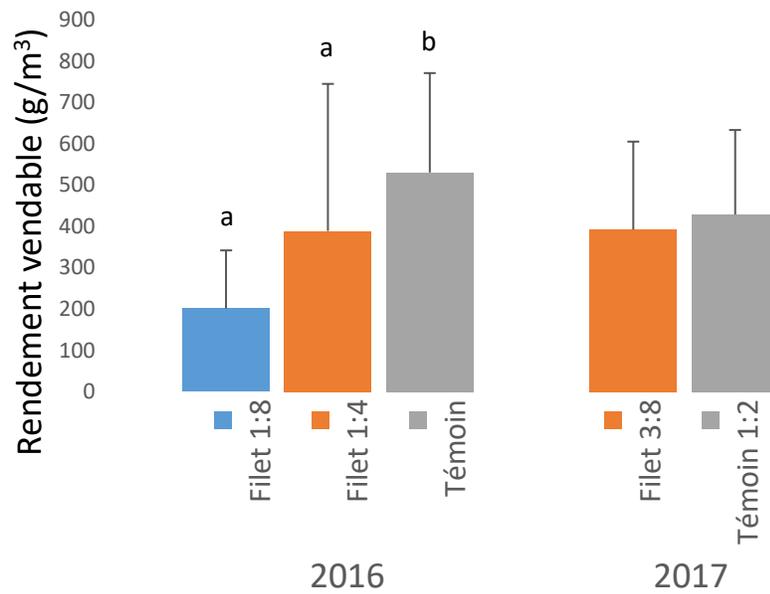


Figure 16. Comparaison du rendement vendable (g/m^3) entre les traitements pour les années 2016 et 2017 sur le site Alma 2.

4.1.1.7 Alma 3

Aucune différence significative entre les traitements sur le site Alma 3 (Wilcoxon: $Z=-0,097$; $n=43$; $p=0,922$).

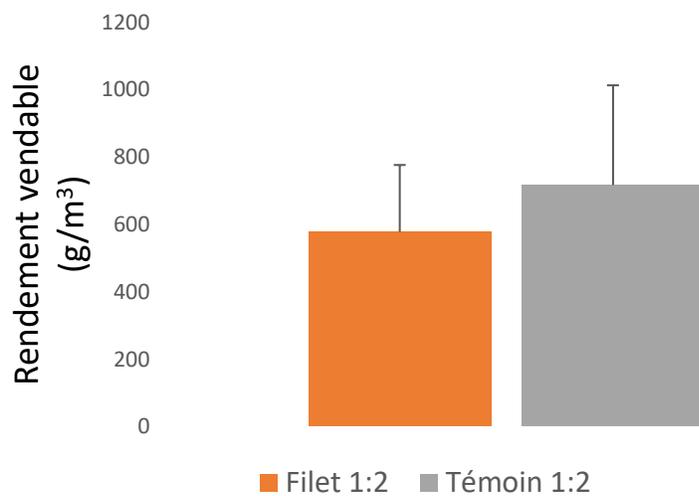


Figure 17. Comparaison du rendement vendable (g/m^3) sur le site Alma 3.





4.1.2 Poids de 50 fruits (calibre)

4.1.2.1 Montérégie (2016)

Aucune différence statistique ne ressort de l'analyse du poids de 50 fruits entre les traitements du cultivar Indigo Treat en Montérégie (2016) (Wilcoxon: $Z=-0,587$; $n=21$; $p=0,569$).



Figure 18. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements sur le site en Montérégie (2016).

4.1.2.2 Montérégie (2017)

Sur le site 2017 en Montérégie, le poids de 50 fruits était significativement supérieur dans les témoins (1 :4) que dans les parcelles avec introduction de bourdons (filets (1 :4)) (Wilcoxon: $Z=4,296$; $n=46$; $p<0,001$).

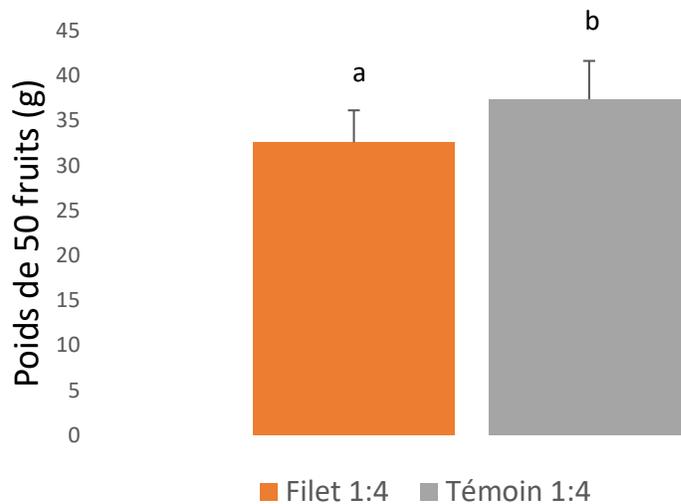


Figure 19. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements sur le site en Montérégie (2017).





4.1.2.3 Estrie

Au niveau du poids de 50 fruits en 2016, on remarque une différence significative entre les traitements (Kruskal-Wallis: $\chi^2=9.701$; $ddl = 2$; $n=71$; $p=0,008$). Cependant, lors des comparaisons par paires, nous observons une seule différence significative entre le filet (1:8) et le filet (1:4). Ainsi, les plants de la parcelle comprenant deux plants pollinisateurs (1 :4) ont obtenu des fruits plus gros que les plants provenant des parcelles ayant un seul plant pollinisateur (1 :8).

En 2017, il n'y a aucune différence significative pour le calibre des fruits entre les témoins et les parcelles avec introduction de bourdons (Wilcoxon: $Z=-0,847$; $n=48$; $p= 0,397$).

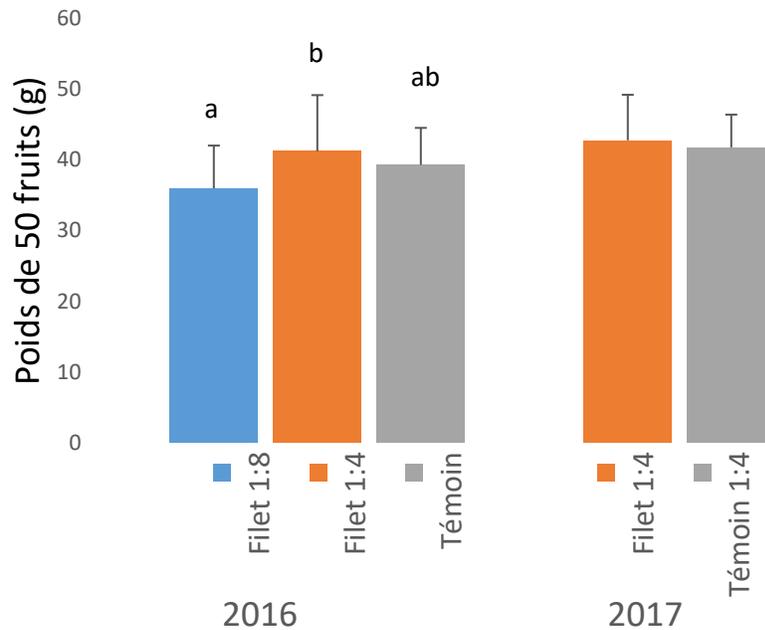


Figure 20. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements, selon les années sur le site en Estrie.

4.1.2.4 Centre-du-Québec

En comparant le calibre des fruits sur le site du Centre-du-Québec, on constate que poids de 50 fruits est plus élevé dans les parcelles témoins (1 :4) avec abeilles que sous les filets (1 :4) avec bourdons introduits (Wilcoxon: $Z= -5,927$; $n=48$; $p< 0,001$).



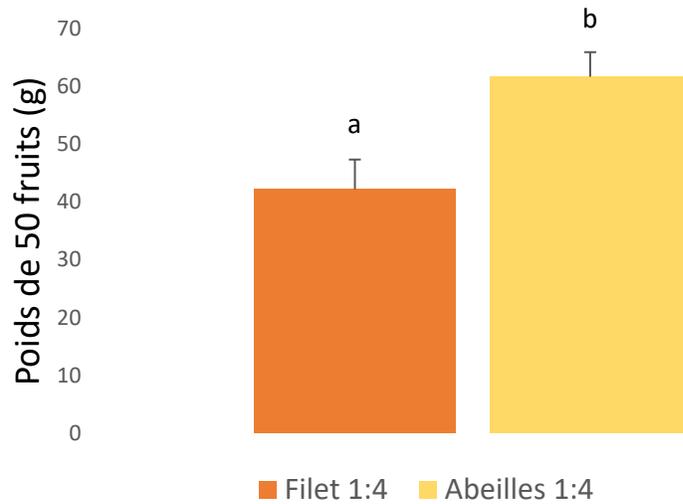


Figure 21. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements sur le site au Centre-du-Québec.

4.1.2.5 Alma 1

En 2016, le résultat de l'analyse illustre une différence significative entre les traitements (Kruskal-Wallis: $\chi^2=12,006$; ddl = 2; $n=47$; $p=0,002$). En effet, le poids de 50 fruits est plus élevé pour le traitement filet (1:4) et le témoin que le traitement filet (1:8). Toutefois, il n'y a aucune différence significative entre le traitement filet (1:4) et le témoin.

En 2017, il n'y a toujours pas de différence significative entre le traitement filet et le témoin (Wilcoxon: $Z= 1,663$; $n=46$; $p= 0,096$).

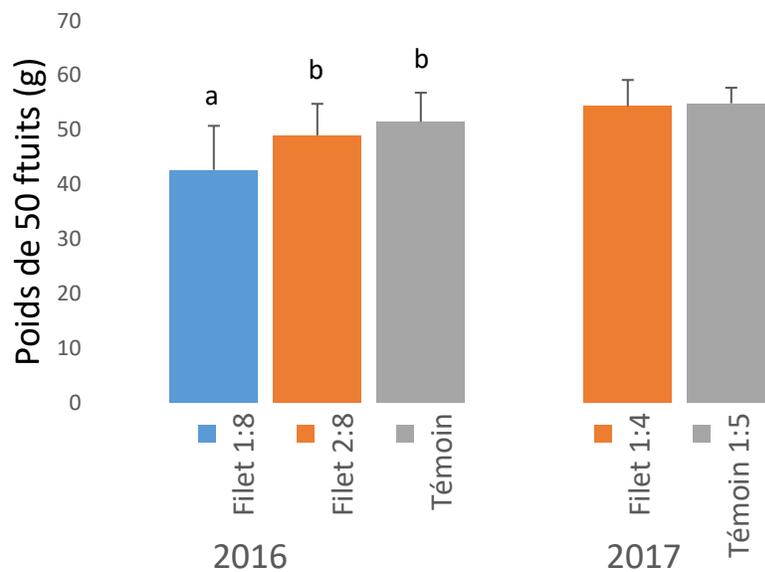


Figure 22. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements, selon les années sur le site Alma 1.





4.1.2.6 Alma 2

On remarque en 2016 une différence significative du poids de 50 fruits entre les traitements (Kruskal-Wallis: $\chi^2=8,781$; ddl = 2; $n=72$; $p=0,012$). Cependant, lors des comparaisons par paires, nous observons une seule différence significative entre le filet (1:8) et le témoin. Ainsi, les plants de la parcelle comprenant un seul plant pollinisateur (1 :8) ont eu des fruits plus petits que les plants provenant des parcelles témoin.

En 2017, il n'y aucune différence significative entre les traitements au niveau du calibre des fruits (Wilcoxon: $Z= 1,302$; $n=48$; $p= 0,193$).

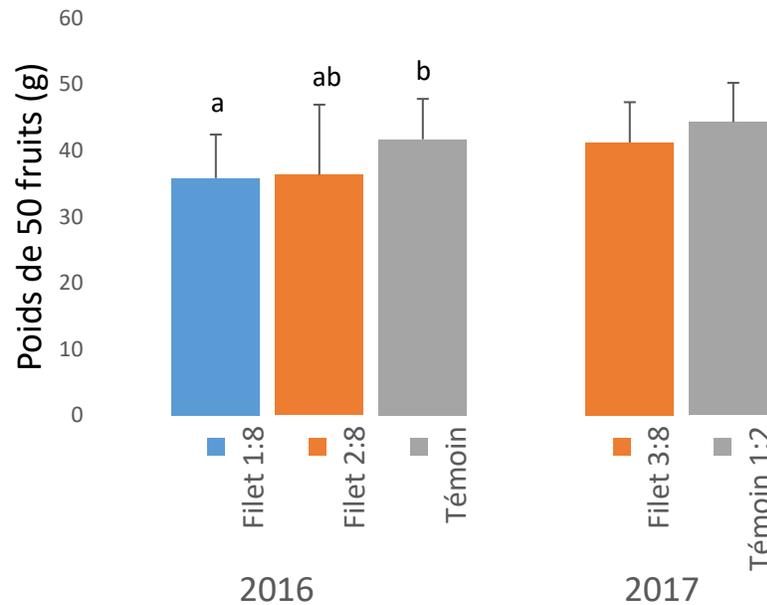


Figure 23. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements, selon les années sur le site Alma 2.

4.1.2.7 Alma 3

Aucune différence statistique entre les traitements sur le site Alma 3 (Wilcoxon: $Z=0,989$; $n=43$; $p= 0,323$).





Figure 24. Comparaison du poids de 50 fruits (g) entre les traitements sur le site Alma 3 en 2017.

4.2 Perte de rendement selon la distance avec un plant pollinisateur

Tableau 2. Synthèse des résultats sur la perte de rendement par rapport à la distance d'un pollinisateur pour l'année 2016, tous filets confondus.

2016	Montérégie		Estrie		Alma 1		Alma 2	
	Filet	Témoin	Filet	Témoin	Filet	Témoin	Filet	Témoin
Perte rendement 2m vs 1m	+	n/a	=	n/a	+	n/a	+	n/a
Perte 3m vs 1m	+	n/a	+	n/a	+	n/a	+	n/a
Perte 4m et + vs 1m	+	n/a	+	n/a	+	n/a	+	n/a

Tableau 3. Synthèse des résultats sur la perte de rendement par rapport à la distance d'un plant pollinisateur pour l'année 2017, tous filets confondus et témoin.

2017	Montérégie		Estrie		C-du-Q		Alma 1		Alma 2		Alma 3	
	Filet	Témoin	Filet	Témoin	Filet	Témoin	Filet	Témoin	Filet	Témoin	Filet	Témoin
Perte rendement 2m vs 1m	+	=	+	=	+	=	+	=	+	n/a	n/a	n/a





Les figures suivantes illustrent la perte moyenne de rendements (g) des plants situés à 2m, 3m ou 4 mètres du plant pollinisateur le plus près vs celui à 1m du même plant (ex : Perte moyenne de rendement du plant 2m vs 1m = Plant à 2m – Plant à 1m). Les pertes de rendements sont comparées entre les traitements sous filets avec bourdons introduits (2016 et 2017) et les plants témoins pollinisés par les insectes indigènes et/ou les abeilles domestiques (2017 seulement).

4.2.1 Année 2016

En 2016, sous les filets, les plants situés à 1m du plant pollinisateur ont produits plus de fruits que ceux situés à 2m et plus du même plant pollinisateur pour les sites Montérégie (Kruskal-Wallis: $\chi^2=30,690$; $n=46$; $p<0,001$), Alma 1 (Kruskal-Wallis: $\chi^2=22,102$; $n=48$; $p<0,001$) et Alma 2 (Kruskal-Wallis: $\chi^2=25,951$; $n=48$; $p<0,001$). Le site en Estrie obtient une différence significative seulement à partir des plants situés à 3m et plus du plant pollinisateur (Kruskal-Wallis: $\chi^2=19,985$; $n=42$; $p<0,001$).

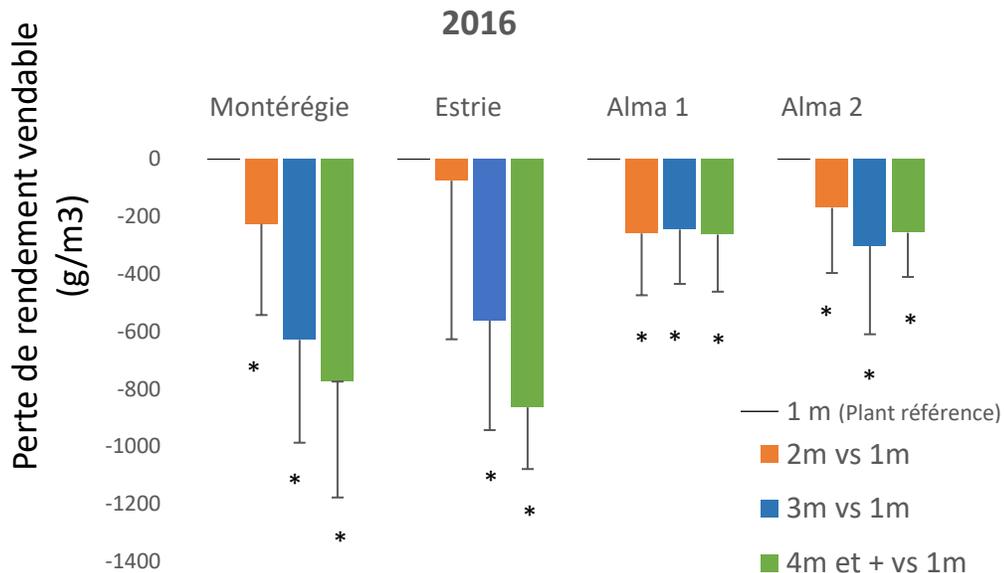


Figure 25. Perte de rendement vendable des plants sous filet selon leur distance avec un plant pollinisateur, en 2016, pour tous les sites (2m vs 1m, 3m vs 1m, 4m et + vs 1m).

4.2.2 Année 2017

En 2017, sous les filets, les plants situés à 1m d'un plant pollinisateur ont produits plus de fruits que ceux situés à 2m et plus du même plant pollinisateur pour tous les sites : Montérégie (Wilcoxon: $Z=3,702$; $n=24$; $p<0,001$), Estrie (Wilcoxon: $Z=2,701$; $n=22$; $p=0,010$), Centre-du-Québec (Wilcoxon: $Z=2,962$; $n=24$; $p=0,005$), Alma 1 (Kruskal-Wallis: $\chi^2=7,447$; $ddl=22$; $p=0,024$) et Alma 2 (Wilcoxon: $Z=4,732$; $n=24$; $p<0,001$). Lorsqu'on répète l'analyse avec les témoins, on remarque que les rendements des plants situés à 1m du plant pollinisateur sont statistiquement similaires aux rendements de ceux à 2m pour tous les sites : Montérégie (Wilcoxon: $Z=0,000$; $n=22$; $p=1,000$), Estrie (Wilcoxon: $Z=1,042$; $n=24$; $p=0,361$), Centre-du-Québec (Wilcoxon: $Z=0,000$; $n=24$; $p=1,000$) et





Alma 1 (Kruskal-Wallis: $\chi=3,448$; $n=19$; $p=0,178$). Aucune analyse statistique n'a pu être effectuée dans les témoins du site Alma 2 ainsi que sur l'ensemble du site Alma 3 puisque tous les plants étaient situés à 1m des plants pollinisateurs.

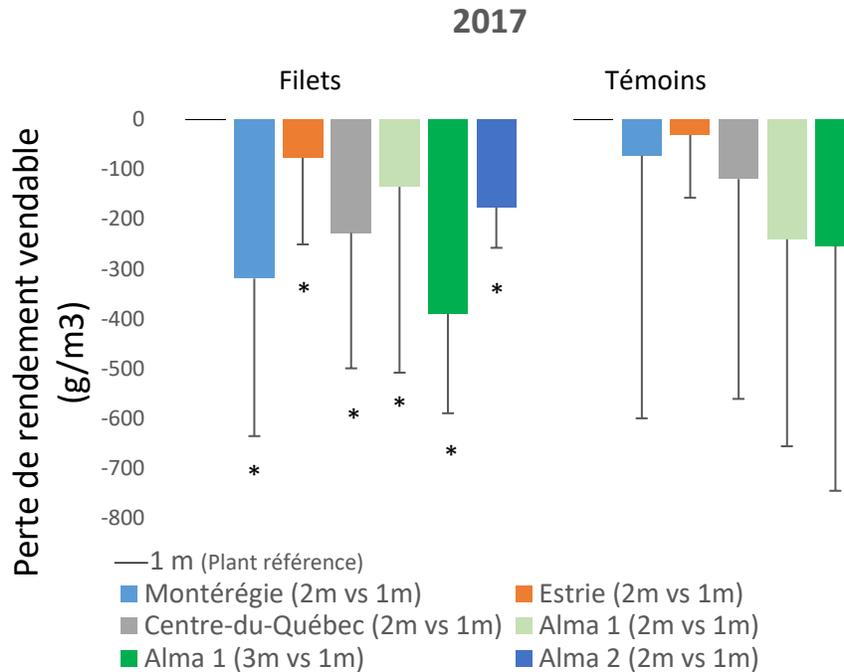


Figure 26. Perte de rendement vendable selon la distance avec un plant pollinisateur selon le traitement (filet vs témoin), en 2017, pour tous les sites (2m vs 1m, 3m vs 1m).

4.3 Évaluation de la mise à fruit (2017)

4.3.1 Nombre de fruits perdus

Les figures suivantes représentent le nombre de fruits perdus entre le stade fruit vert (nouaison) et la récolte sur les branches évaluées, selon le traitement pour chacun des sites.

Sur les sites au Centre-du-Québec (Wilcoxon: $Z=-2,792$; $n=48$; $p=0,005$) et Alma 1 (Wilcoxon: $Z=-2,818$; $n=54$; $p=0,005$), les plants situés dans les parcelles avec introduction de bourdons sous filets ont perdu significativement plus de fruits entre la nouaison et la récolte que les témoins. Toutefois, aucune différence significative ne ressort de l'analyse statistique pour les sites Montérégie (Wilcoxon: $Z=-0,908$; $n=59$; $p=0,364$), Estrie (Wilcoxon: $Z=-0,630$; $n=53$; $p=0,529$) et Alma 2 (Wilcoxon: $Z=-1,595$; $n=52$; $p=0,111$). Alma 3 n'a pas été analysé puisque les données prises sur le terrain sont erronées.



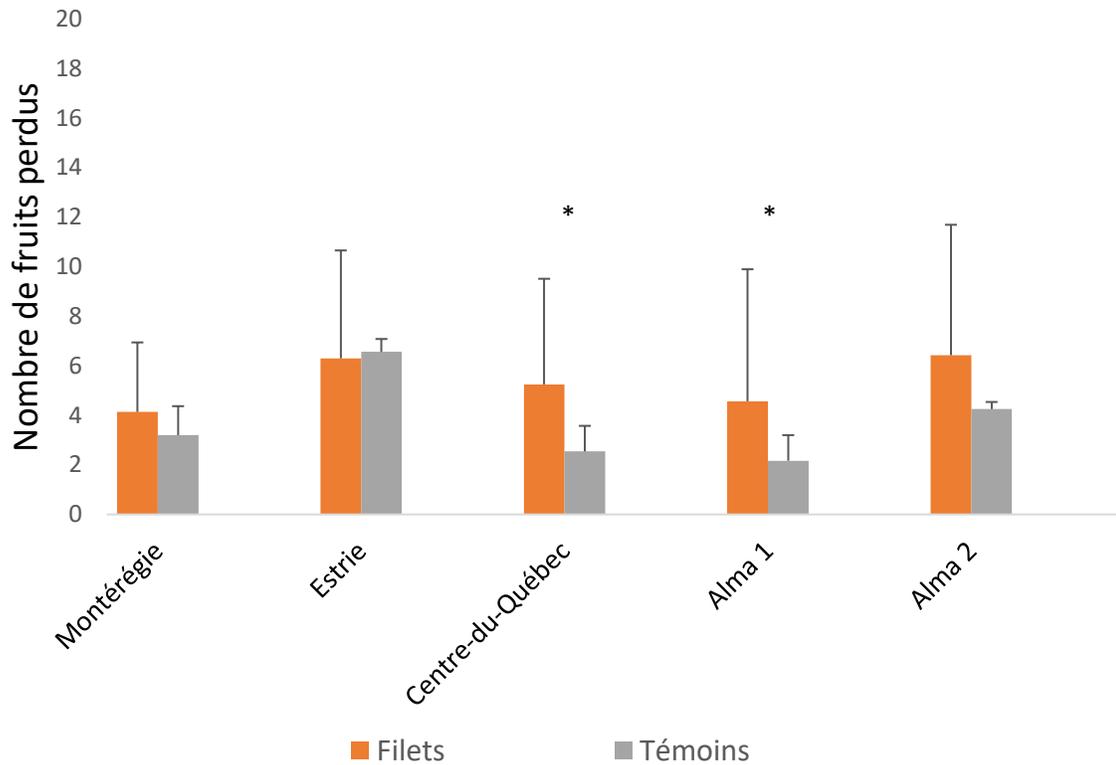


Figure 27. Comparaison du nombre de fruits perdus sur les branches évaluées entre les traitements sur chacun des sites.

4.4 Comparaison des rendements entre rangée mixte et rangée pure

Tableau 4. Synthèse des résultats 2016-2017, section sur la comparaison entre rangée mixte et rangée pure.

Pure vs mixte	Montérégie (2016)		Centre-du-Québec (2017)		Alma 2 (2016)		Alma 2 (2017)	
	Mixte	Pure	Mixte	Pure	Mixte	Pure	Mixte	Pure
Rendement vendable	=	=	+	-	+	-	+	-

4.4.1 Montérégie (2016)

Nous n’observons pas de différence significative pour le rendement entre les rangées pures et les rangées mixtes (Wilcoxon: $Z=1.920$; $n=29$; $p=0,057$) pour le site en Montérégie (2016).



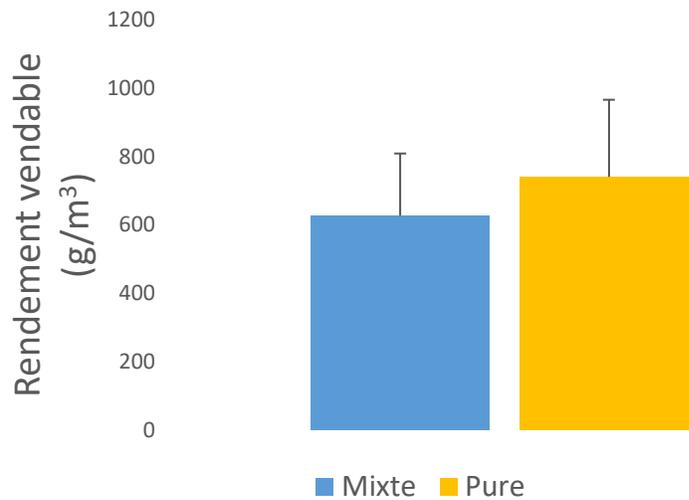


Figure 28. Rendement vendable entre rangées mixtes et rangées pures sur le site en Montérégie (2016).

4.4.2 Centre-du-Québec

Le rendement vendable des plants situés sur une rangée mixte (1 : 4) est significativement plus élevé que celui des plants en rangée pure (Wilcoxon: $Z=-3,145$; $n=46$; $p= 0,002$).

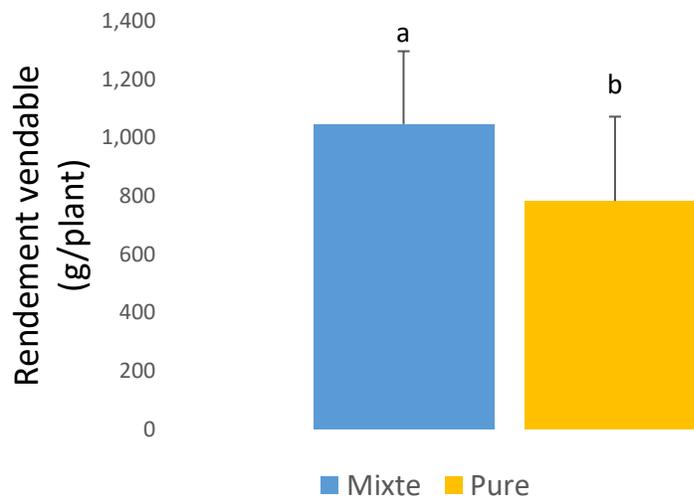


Figure 29. Rendement vendable entre rangées mixtes et rangées pures sur le site au Centre-du-Québec.

4.4.3 Alma 2

Pour l'année 2016 (Wilcoxon: $Z=-3.724$; $n=39$; $p<0.001$) ainsi qu'en 2017 (Wilcoxon: $Z=-4,293$; $n=44$; $p<0,001$), il y a une différence significative de rendement entre les rangées pures et les rangées mixte. En effet, le poids des fruits récoltés dans les rangées mixtes est plus élevé.



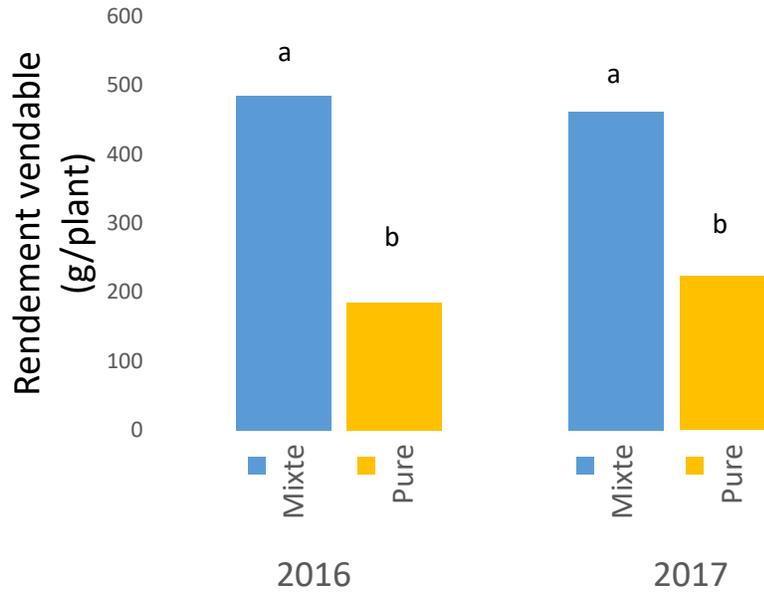


Figure 30. Rendement vendable entre rangées mixtes et rangées pures sur le site Alma 2 pour les années 2016 et 2017.

4.5 Évaluation du patron de déplacement des bourdons (2016 seulement)

4.5.1 Nombre de rangs visités

4.5.1.1 Sites Estrie et Montérégie (2016)

Tableau 5. : Nombre de bourdons ayant visité de 1 à 8 rangées sur les sites Estrie et Montérégie (2016) confondus.

Nombre maximum de rangs visités	Effectif	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	52	49,1	49,1
2	32	30,2	79,2
3	16	15,1	94,3
4	1	0,9	95,3
5	2	1,9	97,2
6	2	1,9	99,1
8	1	0,9	100,0
Total	106	100,0	-





4.5.1.2 Sites Alma 1 et Alma 2

Tableau 6. Nombre de bourdons ayant visité de 1 à 8 rangées sur les sites Alma 1 et Alma 2 confondus.

Nombre maximum de rangs visités	Effectif	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	49	84,5	84,5
2	5	8,6	93,1
3	3	5,2	98,3
4	1	1,7	100,0
Total	58	100,0	-

4.5.1.3 Date de prise de données

Nous avons aussi voulu vérifier s’il y avait des différences au niveau du nombre de rangs visités par les bourdons en fonction de la date de prise de données, soit en fonction de l’avancement de la floraison. Tant pour les sites Estrie et Montérégie (Kruskal-Wallis : $\chi^2=4,120$; ddl = 2; $n=106$; $p=0,127$) que les sites Alma 1 et Alma 2 (Wilcoxon : $Z=-0,358$; $n=58$; $p=0,720$), le nombre de rangs visités par les bourdons ne semble pas être affecté par l’avancement de la floraison.

4.5.2 Nombre de plants visités par bourdon

4.5.2.1 Sites Estrie et Montérégie (2016)

On observe une différence significative entre le nombre de plants visités selon le nombre de rang visités par les bourdons (Kruskal-Wallis : $\chi^2=28,803$; ddl = 3; $n=1067$; $p<0,001$). Cependant, lors des comparaisons par paires, nous observons seulement que les bourdons ayant fait un seul rang ont visité moins de plants que les autres.

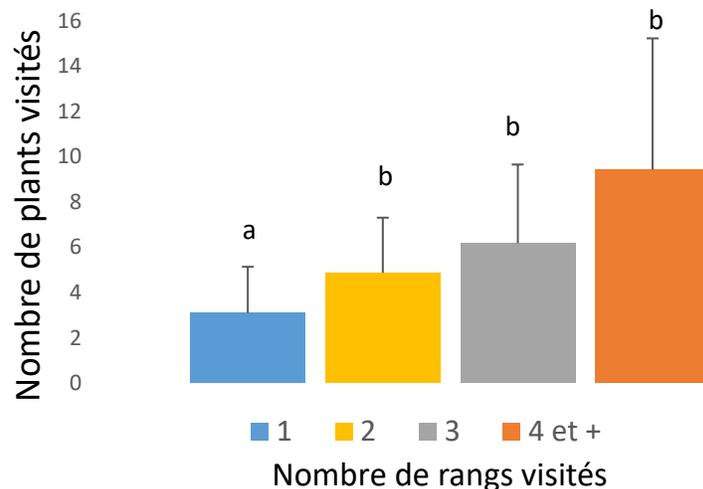


Figure 31. Nombre de plants visités par bourdon selon le nombre de rangs visités sur les sites Estrie et Montérégie (1 = 1 rang visité, 2 = 2 rangs visités, 3 = 3 rangs visités et 4 = 4 rangs visités et plus).





4.5.2.2 Sites Alma 1 et Alma 2

On observe une différence significative entre le nombre de plants visités selon le nombre de rang visité par les bourdons (Kruskal-Wallis : $\chi^2=8,844$; ddl = 3; $n=58$; $p=0,031$). Cependant, lors des comparaisons par paires, aucune différence significative n'a été observée. Notez qu'un seul bourdon a parcouru plus de 3 rangs et a visité 7 plants, la donnée a été retirée de l'analyse puisqu'elle était unique.

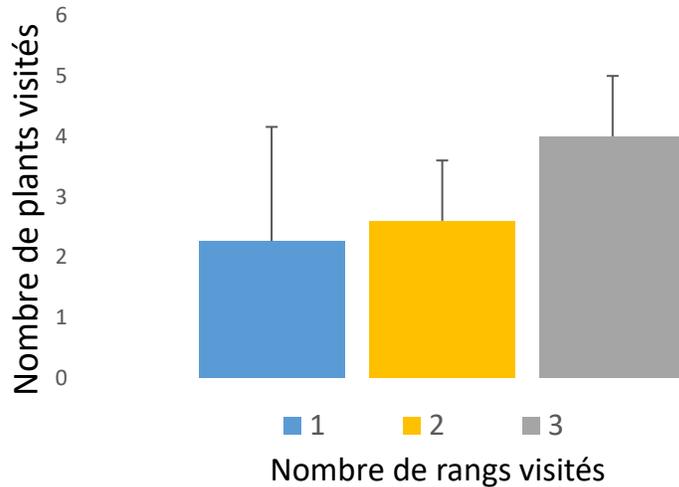


Figure 32. Nombre de plants visités par bourdon selon le nombre de rangs visités sur les sites Alma 1 et Alma 2 (1 = 1 rang visité, 2 = 2 rangs visités, 3 = 3 rangs visités et 4 = 4 rangs visités et plus).

4.6 Évaluation de l'achalandage des insectes pollinisateurs (2017 seulement)

4.6.1 Achalandage de bourdons indigènes (parcelles témoin)

En comparant le nombre moyen de bourdons indigènes observés sur les plants dans les parcelles témoins de chaque site par intervalles de 10 minutes, nous notons une différence significative avec le site du Centre-du-Québec. En effet, il y avait moins de bourdons indigènes observés sur le site au Centre-du-Québec que sur les sites Estrie et Montérégie. (Kruskal-Wallis: $\chi^2=13,675$; ddl = 5; $n=69$; $p=0,018$). Il n'y a toutefois pas de différence statistique entre les autres combinaisons de sites.



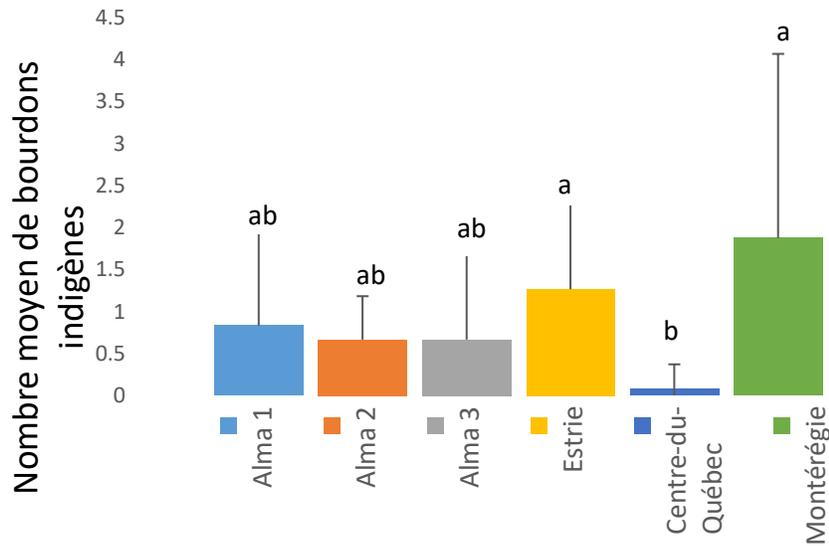


Figure 33. Nombre moyen de bourdons indigènes observés dans les témoins par période de 10 minutes sur chacun des sites.

4.6.2 Achalandage de bourdons introduits (parcelles sous filets)

On note des différences significatives sur le nombre de bourdons introduits observés sous les filets entre les sites (Kruskal-Wallis: $\chi^2=27,337$; ddl = 5; $n=69$, $p<0,001$). En effet, le nombre de bourdons introduits observés sous les filets par périodes de 10 minutes sur le site Alma 1 est inférieur aux sites en Montérégie, en Estrie et au Centre-du-Québec. De plus, l'activité des bourdons dans les filets du site Alma 3 était moins forte que pour le site en Estrie. Il n'y a aucune différence significative entre les sites situés au sud du Québec (Estrie, Centre-du-Québec, Montérégie) ainsi qu'aucune différence statistique entre les sites situés au nord du Québec (Alma 1, Alma 2, Alma 3).

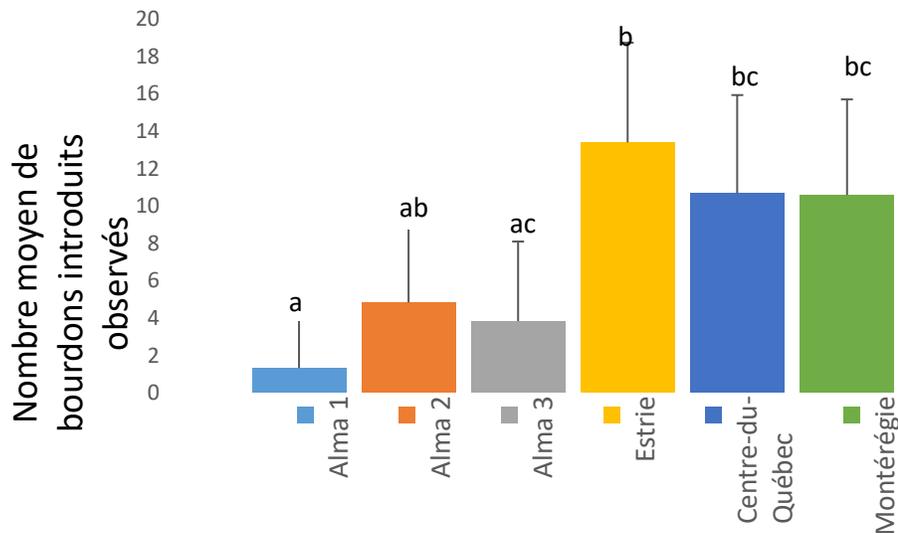


Figure 34. Nombre moyen de bourdons introduits sous les filets observés par période de 10 minutes sur chacun des sites.





4.6.3 Achalandage de bourdons introduits vs indigènes entre les traitements pour chacun des sites

L'achalandage de bourdons sur les fleurs était statistiquement plus élevé dans les filets que dans les témoins pour les sites Alma 2 (Wilcoxon: $Z=-2,662$; $n=12$; $p=0,009$), Centre-du-Québec (Wilcoxon: $Z=-4,375$; $n=24$; $p<0,001$), Estrie (Wilcoxon: $Z=-4,691$; $n=30$; $p<0,001$) et Montérégie (Wilcoxon: $Z=-5,341$; $n=48$; $p<0,001$). Toutefois, il n'y avait aucune différence significative observée sur les sites Alma 1 (Wilcoxon: $Z=0,719$; $n=12$; $p=0,818$) et Alma 3 (Wilcoxon: $Z=-1,693$; $n=12$; $p=0,132$).

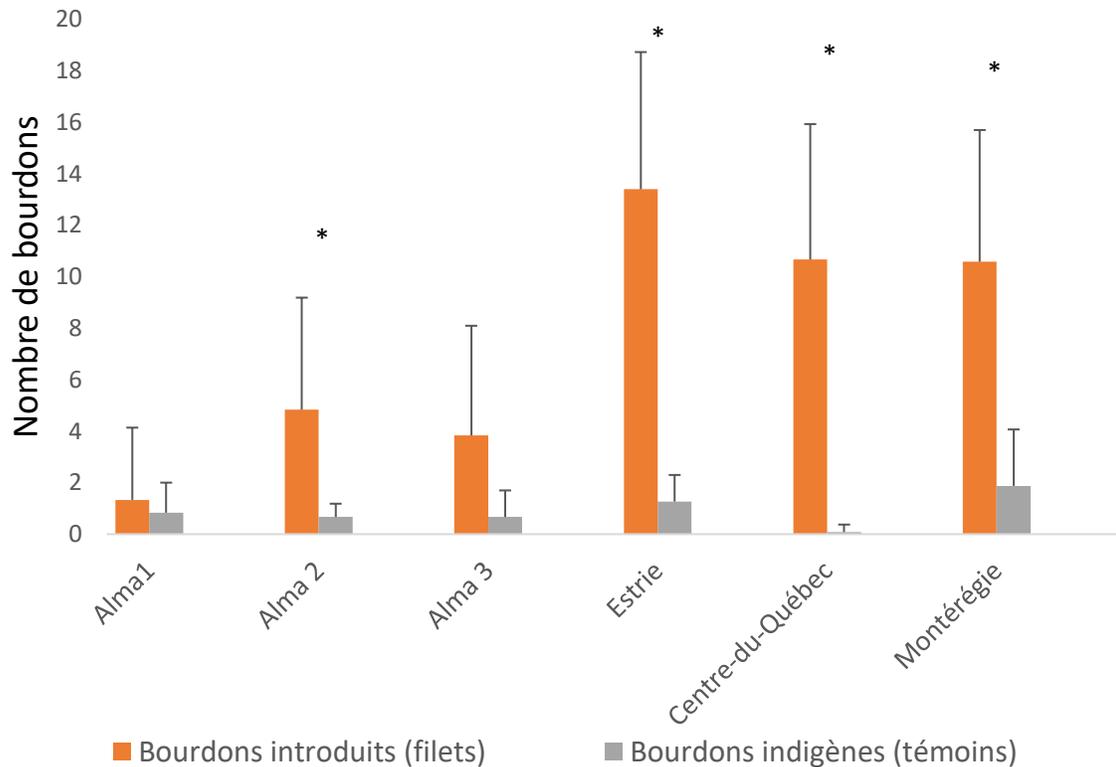


Figure 35. Comparaison de l'achalandage des bourdons introduits (filets) vs bourdons indigènes (témoins) selon les sites.

4.6.4 Achalandage d'abeilles (sites sans introduction d'abeilles)

Il y a une différence significative lorsqu'on compare l'achalandage des abeilles entre les sites sans introductions de ruches. En effet, le site en Montérégie contenait plus d'abeilles domestiques que les autres sites sans introductions (Kruskal-Wallis: $\chi^2=25,863$; $ddl=3$; $n=33$, $p<0,001$).



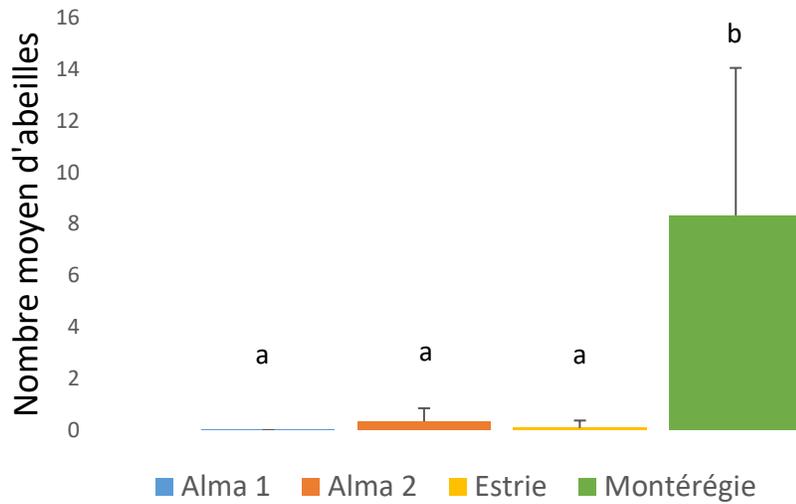


Figure 36. Nombre moyen d'abeilles observées dans les témoins par période de 10 minutes sur chacun des sites.

4.6.5 Achalandage d'abeilles (sites avec introductions de ruches + Montérégie)

Il n'y a aucune différence significative en ce qui à trait du nombre moyen d'abeilles observées sur les sites avec introductions (Alma 3, Centre-du-Québec) ainsi qu'en Montérégie (site sans introductions) (Kruskal-Wallis: $\chi^2=1,133$; ddl = 2; $n=24$, $p=0,568$).

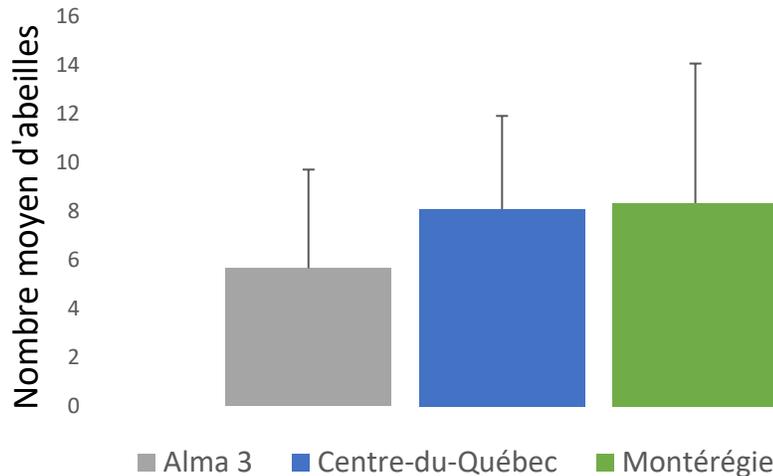


Figure 37. Nombre moyen d'abeilles observées dans les témoins par période de 10 minutes sur les sites avec introductions (Alma 3 et Centre-du-Québec) ainsi que Montérégie.





4.6.6 Évaluation de l'intensité du marquage des bourdons sur les fleurs (Estrie seulement)

En comparant la quantité approximative de traces de marquage sur les fleurs entre les témoins et les parcelles sous filets, on aperçoit qu'il y a une différence significative. En effet, les fleurs des plants sous filets étaient plus marquées par les visites de bourdons que celles des plants témoins et ce, pour les deux dates d'observations (12 mai : (Wilcoxon: $Z=-5,579$; $n=58$ $p<0,001$) et 18 mai : (Wilcoxon: $Z=-4,430$; $n=58$ $p<0,001$)). En complément, l'analyse statistique ne révèle aucune différence entre le nombre total de fleurs étiquetées pour évaluer la mise à fruits dans les filets et dans les témoins, pour le 12 mai (Wilcoxon: $Z=0,031$; $n=58$; $p=0,975$) ni pour le 18 mai (Wilcoxon: $Z=0,645$; $n=58$; $p=0,645$). Afin de vérifier si le phénomène de surmarquage a eu lieu, l'analyse du décompte du nombre de fleurs, de fruits noués et de fruits récoltés sur les tiges vouées à cet effet a été effectuée. Lors du décompte pour l'évaluation de la nouaison le 31 mai, il y avait statistiquement autant de fruits verts sur les branches des plants sous filets que sur celles des témoins (Wilcoxon: $Z=0,761$; $n=57$; $p=0,761$). Le même résultat non significatif ressort de l'analyse lors du décompte des fruits sur ces mêmes branches entre les filets et les témoins à la récolte (Wilcoxon: $Z=-1,070$; $n=58$; $p=0,284$).

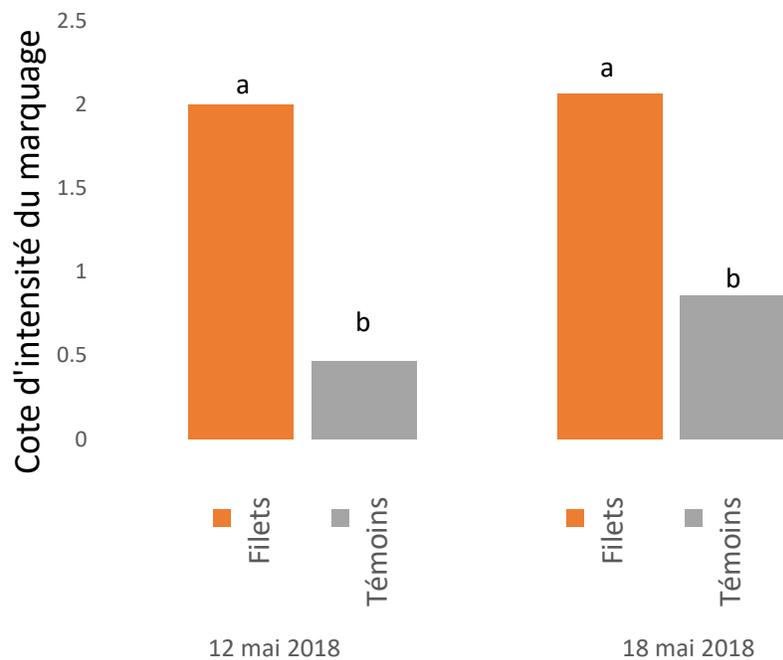


Figure 38. Quantité moyenne de traces de pattes laissées sur les fleurs (marquage) par les bourdons, selon les traitements, les 12 et 18 mai 2018 sur le site en Estrie.





5) Discussion

5.1 Évaluation du déficit de pollinisation

La phase 2 du projet sur la pollinisation de la camerise consiste principalement à vérifier s'il y a un déficit de pollinisation dans cette culture. Afin de vérifier l'hypothèse, des ruchettes de bourdons ont été introduites avec des plants sous des filets formant une tente afin de maximiser la présence de pollinisateurs durant la floraison. Chaque tente pouvait contenir entre 15 et 25 bourdons par plant, ce qui est amplement suffisant pour assurer la pollinisation de toutes les fleurs tout au long de la floraison. Il s'est avéré que lors de ces deux années d'essais (2016-2017), les rendements vendables des parcelles avec introduction de bourdons fébriles étaient soit significativement similaires aux rendements des parcelles pollinisées par les insectes indigènes, soit significativement inférieurs. Une seule exception s'est produite sur le site de Montérégie en 2016 où les parcelles de bourdons sous filets (ratio 1:4) ont obtenu plus de rendements que les témoins. Toutefois, ce résultat est peu représentatif en raison de la taille réduite de l'échantillon causée par le déclassement des plants du cultivar Indigo Yum identifiés au départ comme Indigo Treat.

Afin d'appuyer les résultats sur l'évaluation du déficit de pollinisation, des observations d'achalandages d'insectes pollinisateurs ont été effectuées dans chaque parcelle de tous les sites, à plusieurs reprises en 2017. Les résultats de 2017 démontrent que l'activité des pollinisateurs était plus élevée sous les filets avec introduction de bourdons que dans les témoins pollinisés par les insectes indigènes. Toutefois, le site Alma 1 a enregistré un faible achalandage des bourdons sous les filets pouvant être lié aux forts vents lors des observations (site exposé au vent). La phase 1 du projet a permis de démontrer que l'exposition aux forts vents réduit considérablement l'activité des bourdons. De plus, la quantité de données d'observations prises sur les sites Alma 1, 2 et 3 est trop faible pour effectuer une analyse statistique. Malgré la faible quantité d'insectes pollinisateurs indigènes observés dans les parcelles témoins sur les sites Estrie, Alma 1 et Alma 2, l'apport de bourdons fébriles n'a permis d'obtenir aucun gain de rendement supplémentaire dans les parcelles sous filet. Encore, les observations sur le marquage des fleurs sur le site en Estrie démontrent que les fleurs dans les tentes avaient été beaucoup plus visitées par les bourdons introduits que celles dans les témoins pollinisées par les bourdons indigènes et ce, pour les 2 dates de prises de données. Aussi, les données de nouaison démontrent que le nombre de fleurs, de fruits verts (noués), de fruits à la récolte et les rendements ne sont pas différents entre les traitements.

Au départ, le site en Montérégie en 2017 était un site de comparaison entre bourdons introduits et insectes indigènes. Cependant, les résultats des observations démontrent que l'activité des abeilles sur ce site n'est pas différente de celle des sites Centre-du-Québec et Alma 3 où des ruches ont été introduites dans le verger. Malgré le fait que le producteur du site Montérégie (2017) ignore s'il y a présence de ruches à proximité, et que les productions environnantes (poulaillers, grandes cultures) ne requièrent pas de pollinisation, nous supposons par la quantité d'abeilles observées que des ruches se situaient à proximité et qu'il est préférable de comparer le site avec ceux où les abeilles étaient introduites.

Les rendements obtenus sont plus élevés dans les parcelles visitées par les abeilles et autres insectes indigènes, en comparaison avec les parcelles de bourdons sous filet, en Montérégie et au





Centre-du-Québec alors qu'il n'y a aucune différence de rendement sur le site Alma 3. Différents éléments peuvent expliquer les résultats d'Alma 3. Premièrement, les ruches du site Alma 3 étaient situées à 1 km des parcelles. Il est connu que l'abeille domestique peut butiner jusqu'à 3km de sa ruche selon la disponibilité des ressources (Jean et coll., 2012). Toutefois, selon Marceau et coll. (2016), le rayon de butinage optimal des abeilles pour polliniser une culture de bleuets nains est de 100m à 150m autour de la ruche. Les ruches sur le site Alma 3 étaient alors trop éloignées pour offrir une pollinisation optimale. Deuxièmement, les ressources en pollen et en nectar sont nombreuses sur le site Alma 3. En effet, plusieurs autres cultures fruitières et de nombreux pissenlits fleurissent durant la période de floraison de la camerise attirant ainsi les abeilles au détriment des fleurs de camerisiers. Troisièmement, les 100 ruches d'abeilles du site Alma 3 ont été retirées par erreur par l'apiculteur en fin de floraison, puis environ 24 d'entre-elles ont été remises en place plus de 24 heures plus tard. Cette interruption peut aussi avoir occasionné une diminution de la pollinisation dans les parcelles témoins avec abeilles sur le site. Finalement, le site Alma 3 était le seul où tous les plants étaient à 1 m d'un plant pollinisateur (filet et témoin). Nos résultats dans les parcelles avec introduction de bourdons ont démontré que les plants situés à 1 m d'un plant pollinisateur produisaient un meilleur rendement que ceux situés à 2m et plus. Puisque les plants pollinisateurs étaient disposés de façon à favoriser un mélange de pollens pour une pollinisation optimale, l'effet des différents pollinisateurs sur les rendements était possiblement moins perceptible. La distance des ruches avec la culture, la disponibilité des autres fleurs pour les abeilles, le retrait temporaire des ruches avant la fin de la floraison ainsi qu'un ratio de plant pollinisateur optimal sont des éléments qui peuvent avoir affecté l'écart entre les résultats des traitements sur ce site.

Au Québec, le printemps 2017 fut généralement frais lors de la floraison de la camerise. Les conditions étaient souvent peu favorables à l'activité des abeilles (temps froid venteux pour certaines dates d'observations) et malgré cela, les rendements obtenus en Montérégie et au Centre-du-Québec sont très intéressants. Il est possible que l'abeille n'ait besoin que de très peu de périodes de temps chaud et ensoleillé pour arriver à polliniser efficacement la majorité des fleurs d'un verger. Selon Desjardins (2003), pour chaque bourdon qui entre dans sa ruche ou en sort, 1000 abeilles entrent à la ruche ou en sortent. Du moins, comme les rendements et le calibre des fruits sont généralement plus élevés sur les sites avec abeilles, on peut croire que l'introduction d'abeilles soit bénéfique.

Deux variables n'ont pu être étudiées dans cet essai. Premièrement, est-ce qu'il y a présence d'insectes pollinisateurs nocturnes dans les camerisiers? Danae Frier (2016) a observé que certaines fleurs de camerisier s'ouvrent le soir (et possiblement la nuit) et que cela suggère que les pollinisateurs nocturnes (ex. : papillons nocturnes) peuvent avoir un impact sur la pollinisation de la culture, en plus des pollinisateurs diurnes connus. Dans un tel cas, les pollinisateurs nocturnes n'auraient pas pu accéder aux fleurs des plants sous les filets, pouvant ainsi diminuer leur potentiel de pollinisation alors qu'ils pouvaient être actifs dans les parcelles témoins non-abritées. Deuxièmement, les parcelles avec abeilles étaient aussi pollinisées par l'entomofaune indigène, contrairement aux bourdons sous les filets. Malgré la faible présence notée de bourdons indigènes dans les parcelles, ceux-ci ont contribué à la pollinisation des parcelles abeilles. Pour qu'une étude puisse dissocier l'effet sur les rendements liés strictement à l'insecte pollinisateur, il doit soit y avoir





un seul insecte introduit par site et avoir des sites très comparables à tous les niveaux (âge des plants, type de sol, régie de taille, régie d'irrigation et de fertilisation, etc.), soit isoler chaque espèce introduite sous des filets sur un même site. L'obtention de camerisères quasi-identiques n'était pas possible au moment de l'étude. En ce qui a trait de l'isolement des insectes introduits sous filets, l'abeille domestique adopte un comportement agressif et la colonie s'affaiblie lorsqu'elle est confinée dans un tel environnement (Chagnon M., communication personnelle). Le bourdon fébrile quant à lui, est largement utilisé en milieu clos comme des serres de tomates par exemple. Toutefois, le volume (environ 15m³) de nos filets était de beaucoup inférieur aux serres de production. Est-ce possible qu'un tel milieu puisse avoir eu un impact négatif sur le comportement de butinage du bourdon fébrile? Une étude sur la pollinisation du bleuet en corymbe parue dans le Oxford Journal (Campbell et coll., 2017) compare l'introduction de bourdons fébriles et d'abeilles sur un même site. Un des traitements confinait aussi une ruche de bourdons fébriles avec des bleuetiers dans une cage en filets aux dimensions similaires à notre traitement. Cette étude ne mentionne en aucun cas des problèmes liés à l'utilisation de bourdons confinés avec ce type de dispositif. De plus, selon nos observations sur le terrain, les bourdons introduits étaient vigoureux et bien nombreux à visiter les fleurs de camerisiers à l'intérieur des filets.

5.2 L'importance des plants pollinisateurs

En 2016, les résultats ont démontré que les rendements diminuent lorsqu'un plant se situe à plus de 2 mètres d'un cultivar pollinisateur tel que Berry Blue. Ces résultats provenant des parcelles sous filets montrent que la disposition et la quantité des plants pollinisateurs compatibles peut avoir un impact majeur sur le rendement total d'un verger de camerise. De plus, toutes les parcelles ayant le ratio 1:8 ont obtenu des rendements et un calibre de fruits inférieurs à celles du ratio 1:4 et des témoins. En considérant ces résultats, le dispositif expérimental de 2017 a été ajusté afin que toutes les parcelles (filets et témoins) du dispositif de 2017 respectent le ratio de plant productif/plant pollinisateur propre à chaque site. Si par exemple, dans les témoins d'un site, aucun plant n'est à plus de 2 mètres d'un plant pollinisateur, le même patron se répète à l'intérieur des filets. En comparant les rendements des plants situés aux côtés des plants pollinisateurs en 2017, il s'est avéré qu'il y avait une différence significative sous les filets entre les plants situés à 2m et ceux à 1m d'un plant pollinisateur. En effet, les plants sous filets situés à 2m d'un plant pollinisateur produisaient une fois de plus un rendement moins élevé que ceux à 1m sur tous les sites sauf Alma 2 et Alma 3 où tous les plants étaient situés à 1m du plant pollinisateur (aucune analyse possible). Toutefois, il est difficile d'écarter l'hypothèse que la présence des filets a influencé le patron de déplacement des bourdons, ce qui peut avoir un impact sur le rendement des plants à plus grande distance d'un plant pollinisateur. Cependant, une même tendance est présente lorsque l'on compare les rendements des plants à 2m de ceux à 1m du plant pollinisateur dans les parcelles hors filet, même s'il n'y a aucune différence significative. Statistiquement, le résultat non significatif de cette comparaison hors filet est principalement dû à la grande variance des données. On dénote que même s'il n'y a aucune différence statistique entre les rendements des plants à 2m du plant pollinisateur et ceux à 1m, il y a tout de même systématiquement une certaine perte qui, à plus grande échelle, est non négligeable.





De plus, les rendements entre les rangées pures et les rangées mixtes sont généralement différents. Les résultats sur les deux années d'essai ont démontré que les rendements étaient plus élevés dans les rangées mixtes que dans les rangées pures, sur trois des quatre sites configurés selon le modèle en rangées pures. En effet, les sites Centre-du-Québec (2017) et Alma 2 (2016 et 2017) ont obtenu de meilleurs rendements dans les rangées mixtes que dans les rangées pures alors que le site Montérégie (2016) n'enregistrait pas une assez grande différence de rendement pour qu'elle soit statistiquement valable. Sur le site Alma 2, les rangées pures à l'étude étaient situées entre deux rangées mixtes où l'essai de bourdons se déroulait. Cela étant dit, plusieurs plants pollinisateurs des rangées mixtes étaient sous les filets lors de la floraison donc les plants des rangées pures étaient plus distants des plants pollinisateurs qu'à l'habitude. Cela peut expliquer la forte différence de rendement entre les rangées pures et les rangées mixtes et démontrer l'importance de la disponibilité à proximité de pollen d'un autre cultivar compatible. Le dispositif en rangées strictement pures du site au Centre-du-Québec appuie aussi l'importance du positionnement des plants de cultivars compatibles. La séquence de distribution des rangées pures suivante est répétée sur l'entièreté du champ à l'étude (1 cultivar par rangée) : Berry Blue, Indigo Gem, Indigo Treat, Tundra. Puisqu'il y a 3m entre les rangées, les plants du cultivar pollinisateur Berry Blue sont situés à 6m de chaque côté d'une rangée d'Indigo Treat. Afin d'obtenir une rangée mixte sur ce site, nous avons distribué des plants de Berry Blue en pots sur une rangée d'Indigo Treat de façon à obtenir un ratio de 1 :4 (3 parcelles constituées de 8 Indigo Treat et 2 Berry Blue). Les rendements des parcelles mixtes ont été significativement supérieurs à ceux obtenus dans une autre rangée pure. L'ajout de seulement 2 plants pollinisateurs par 8 plants Indigo Treat a permis d'obtenir des rendements supérieurs. Noter qu'en aucun cas le cultivar Berry Blue a été récolté et ajouté aux rendements des parcelles.

5.3 Évaluation du patron de déplacement du bourdon (2016)

Selon le protocole établi au départ, la méthode d'observation consistait à débiter la prise de données lorsqu'un bourdon arrive de loin et se posait sur un plant. Nous avons émis l'hypothèse qu'il arrivait possiblement de son nid et qu'il ne transportait pas ou peu de pollen puisqu'il l'aurait déposé au nid. Dès son arrivée sur le plant, il était suivi jusqu'à son départ vers le large afin de dénombrer le nombre de plants, de fleurs par plant ainsi que de rangées qu'il aurait parcourues. Toutefois, nous avons constaté qu'il était très difficile de capter visuellement un bourdon en plein vol dans le ciel et de se rendre rapidement au plant où il atterri pour débiter le décompte. De plus, le nombre élevé de bourdons à observer pour obtenir des résultats statistiquement valables nécessitait beaucoup de temps considérant le peu de bourdons observables selon les critères mentionnés. Cela étant dit, pour obtenir un nombre suffisant de bourdons suivis, nous avons dû débiter les décomptes à partir de bourdons déjà présents sur les plants. De plus, certains bourdons étaient difficiles à suivre lorsqu'ils changeaient de rangées. Ces deux éléments ont pu créer un biais dans les données, en réduisant le nombre de rangs et de plants visités. Ces facteurs doivent être pris en compte dans l'interprétation des résultats.

Sur les sites au nord (Alma 1 et 2), près de 88% des bourdons ont visité 4 plants ou moins lors d'une sortie alors qu'au sud (sites Montérégie (2016) et Estrie combinés), les bourdons visitent plus de





plants puisque seulement 60% des bourdons ont visité 4 plants ou moins lors d'une sortie (donnée non présentée).

La comparaison du nombre de plant visité par rang permet d'observer que la plupart des bourdons visitent un peu plus de trois fois plus de plants que de rangs. Cela semble démontrer, malgré le possible biais de la méthodologie, que le bourdon se déplace plus régulièrement à l'intérieur d'un même rang (de plant en plant) qu'entre les rangs. La personne ayant noté les observations mentionne que les bourdons qui volent de rang en rang avaient tendance à ne pas rester longtemps sur un même rang jusqu'à ce qu'ils s'établissent sur un plant pour commencer à butiner (Giard-Laliberté, 2016). Le bourdon semble préférer rester sur un même plant et visiter un maximum de fleurs avant de changer de plant puis de rang.

Ce résultat concorde avec ceux d'une étude menée sur des bourdons en serres de production de tomates. En effet, Lefèvre (2004) observe que les déplacements des bourdons de fleur en fleur sont trois fois plus nombreux entre les fleurs d'un même rang qu'entre les fleurs de rangs différents. Cela est aussi appuyé par la théorie d'approvisionnement optimale, étudiée en écologie comportementale, qui mentionne que le mode d'alimentation préconisé par un pollinisateur est régi par un ensemble de règles résultant le plus souvent en une trajectoire lui rapportant le plus d'énergie pour un minimum d'effort et de prise de risque (Lefebvre, 2004; Pike, 1979).

Pour les sites Estrie et Montérégie (2016), en considérant l'ensemble des données sans tenir compte de la date ou du site, nous obtenons que les bourdons parcourent en moyenne 2 rangées et moins par périple. En fait, 49,1 % des bourdons ne visitent qu'une seule rangée, près de 80% des bourdons visiteront au maximum 2 rangées et à peine 5% des bourdons vont visiter plus de 3 rangées. Lorsque la même analyse est effectuée sur les sites au nord (Alma 1 et 2), nous obtenons que les bourdons visitent moins de 2 rangs en moyenne par périple. En fait, 84,5 % des bourdons ne visitent qu'une seule rangée, plus de 93% des bourdons visiteront au maximum 2 rangées et moins de 7% des bourdons vont visiter 3 rangées et plus.

6) Conclusion

Ce projet a permis d'éclaircir différents aspects de la pollinisation de la camerise (*Lonicera caerulea*).

D'abord, nous avons tenté de vérifier l'hypothèse d'un déficit de pollinisation dans les camerisières par l'introduction de bourdons fébriles (*Bombus impatiens*) et d'abeilles domestiques (*Apis mellifera*). Selon les paramètres de l'étude, les parcelles pollinisées par les insectes indigènes (témoins) ont obtenus des rendements équivalents aux parcelles avec introductions de bourdons (filets). La faible activité d'insectes pollinisateurs indigènes observée dans les parcelles témoins semble avoir été suffisante pour assurer des rendements similaires à la forte densité de bourdons introduits dans les parcelles sous filets. On pourrait donc croire, en premier lieu, qu'il ne semble pas y avoir de déficit de pollinisation dans les camerisières à l'étude. Néanmoins, les parcelles pollinisées par les abeilles et les insectes indigènes ont obtenus des rendements supérieurs aux parcelles où des bourdons étaient introduits (filets) et ce, sur deux des trois sites avec présence d'abeilles domestiques. Il est donc possible qu'un déficit de pollinisation soit présent dans les





camerisières mais que celui-ci puisse être atténué par l'introduction d'abeilles domestiques. Il est aussi possible que le dispositif ait pu affecter négativement les rendements des plants avec les bourdons sous les filets, pour une raison inconnue.

Par ailleurs, cet essai démontre l'importance de la proximité entre les plants de cultivars génétiquement compatibles entre eux. En effet, plus un plant se trouve loin d'un plant d'un autre cultivar qui lui est compatible (ex. : Berry Blue pour Indigo Treat), plus les rendements diminuent et ce, particulièrement dans les parcelles sous filets. Cette même tendance est aussi observée dans les parcelles témoins sans toutefois être appuyée statistiquement. D'ailleurs, les rendements enregistrés dans les rangées mixtes étaient majoritairement supérieurs à ceux dans les rangées pures. Il existe alors probablement un lien entre le patron de déplacement plutôt linéaire (sur un même rang) des bourdons (*Bombus sp.*) et la distribution du pollen entre les cultivars. Il semble donc qu'une disposition adéquate des plants de cultivars génétiquement compatibles entre eux puisse maximiser la pollinisation croisée et par conséquent augmenter les rendements. Cet aspect doit toutefois être considéré dès la conception du plan d'aménagement d'une camerisière.

Finalement, l'étude ne permet pas de valider si un déficit de pollinisation est présent dans les camerisières. En revanche, l'agencement des cultivars dès l'implantation semble un enjeu favorable à l'augmentation des rendements. Néanmoins, selon les paramètres de notre étude, l'introduction d'abeilles domestiques (*Apis mellifera*) semble une avenue intéressante alors que la rentabilité de l'introduction de bourdons fébriles reste à démontrer.

7) Références

BEAUDOIN, M.-P., K. Maltais et A. Tremblay (2012). « *Potentiel du bourdon fébrile comme vecteur pollinique dans la culture de la camerise* ». Ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ). 9 p.

BOZEK, Malgorzata (2007). « *Pollen productivity and morphology of pollen grains in two cultivars of honeyberry (Lonicera kamtschatica)* », Acta Agrobotanica : 60(1).

CAMPBELL, J.W. et coll. (2017). « *Managed Bumble Bees (Bombus impatiens) (Hymenoptera: Apidae) Caged With Blueberry Bushes at High Density Did Not Increase Fruit Set or Fruit Weight Compared to Open Pollination* ». Oxford Academic, Environmental Entomology, Volume 46, Issue 2, 1 April 2017, p. 237–242

DESJARDINS, È.C. (2003). « *Bourdon fébrile domestiqué - Pollinisateur efficace du bleuetier nain?* » Université du Québec à Montréal, 88 p.

FRIER, Sandra Danae (2016). « *The pollination biology of Haskap (Lonicera caerulea L.: Caprifoliaceae): floral traits and pollinator performance of a new Saskatchewan fruit crop* », University of Regina, 77 p.

GAGNON, ANDRÉ (2015). « *La Camerise (Lonicera caerulea), Guide de production* » Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 132p.





JAVOREK, S.K., et coll. (2001). « *Comparative Pollination Effectiveness Among Bees (Hymenoptera: Apoidea) on Lowbush Blueberry (Ericaceae: Vaccinium angustifolium)* ». Entomological society of America. [En ligne] [http://www.bioone.org/doi/abs/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0345:CPEABH\]2.0.CO;2](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1603/0013-8746(2002)095[0345:CPEABH]2.0.CO;2)

JEAN, CHRISTINE et coll. (2012). « *L'abeille domestique, la solution pour la pollinisation* », Fédération des apiculteurs du Québec. [En ligne] http://www.apiculteursduquebec.com/documents/72/Feuillet_abeilles&pollinisation.pdf

KNIGHT, T. M., M. W. McCoy, J. M. Chase, K. A. McCoy et R. D. Holt (2005). « *Tropic cascades across ecosystems* », Nature : 437, 880-883.

LANOUE-PICHÉ, K ET DEMERS, S (2016). « *La pollinisation de la camerise – Étude sur les insectes pollinisateurs indigènes – Phase 1*», Cultur'Innov et MAPAQ, 53 p.

LEFEBVRE, D. (2004). « *L'approvisionnement en pollen et en nectar des colonies de bourdons Bombus terrestris. Écologie comportementale et modélisation* ». [En ligne] https://www.researchgate.net/publication/233721651_Approvisionnement_en_pollen_et_en_nectar_des_colonies_de_bourdons_Bombus_terrestris_Ecologie_comportementale_et_modelisation_Implications_pour_la_pollinisation_des_fleurs_de_tomate_en_serre, [consultée Octobre 2016]

MARCEAU, Jocelyn et coll. (2016). « *Régie des ruches pour la pollinisation du bleuets nain* ». [En ligne], https://www.agrireseau.net/apiculture/documents/regie_polli_bleuet_marceau_chagnon.pdf

PIKE, G. (1979). « *Optimal foraging of Bumblebees: rule of movement between flowers within inflorescences* ». [En ligne] https://www.researchgate.net/profile/Graham_Pyke/publication/248589500_Pyke_G_H_Optimal_foraging_in_bumblebees_rule_of_movement_between_flowers_within_inflorescences_Animal_Behavior/links/572bec3d08aef7c7e2c6ba53.pdf, [consulté Novembre 2016].

PLEKHANOVA, M.N. (2000). « *Blue honeysuckle (Lonicera caeruleaL.) -A new commercial berry crop for temperate climate: genetic resources and breeding* ». Acta Hort. 538, 159-164.

ROUBIK, D. W. (1989). « *Ecology and Natural History of Tropical Bees* », Cambridge, Cambridge University Press. 528 p.

THOMPSON ET CHAOVANALIKIT (2003). « *Preliminary observations on adaptations and nutraceutical values of blue honeysuckle (Lonicera caerulea) in Oregon, USA* ». Acta Hort. 626, 65-72.

VASANTHAN RUPASINGHE et coll. (2012). « *Anti-Inflammatory Activity of Haskap Cultivars is Polyphenols-Dependent* » [En ligne] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4496711/> [consultée février 2017]

