

**ÉVALUATION DE TECHNIQUES D'INTRODUCTION D'AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE POUR LES  
ENTREPRISES DE GRANDES SUPERFICIES**

**IQDH-1-17-1868**

DURÉE DU PROJET : 04-2018 / 01-2020

**RAPPORT FINAL**

Rédigé par :  
Nathalie Roullé, Ph.D. biologiste-entomologiste  
Émilie Lemaire, M.Sc. agr.  
IQDHO

Janvier 2020

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

# ÉVALUATION DE TECHNIQUES D'INTRODUCTION D'AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE POUR LES ENTREPRISES DE GRANDES SUPERFICIES

**IQDH-1-17-1868**

## **RÉSUMÉ DU PROJET**

Les acariens prédateurs sont de plus en plus utilisés dans les cultures ornementales en serre pour contrôler plusieurs ravageurs. Toutefois, l'adoption de cette méthode dans les entreprises de grandes superficies est freinée par le temps nécessaire pour introduire les prédateurs en accrochant des sachets sur les plantes ou en saupoudrant manuellement des prédateurs vendus en vrac. Afin de réduire ce temps d'application, plusieurs techniques d'introduction mécaniques sont proposées, mais les données sur l'efficacité de ces outils étaient insuffisantes ce qui laissait planer le doute que les prédateurs puissent être blessés lors de l'introduction. Le projet visait à évaluer trois appareils : le Mini-Airbug de Koppert, le souffleur à auxiliaires de Plant Products (souffleur/aspirateur transformé de marque Makita) et un drone « Entobot » de l'entreprise Canopée. Le souffleur à auxiliaires a été testé à la vitesse 1 et 2. Les expérimentations de la première année du projet ont eu lieu dans un garage à l'ITA, campus Saint-Hyacinthe. Les essais préliminaires avec le drone ont permis de constater que des ajustements importants seront nécessaires avant d'introduire des acariens prédateurs en serre avec cet appareil. Cette technique a donc été retirée du projet. Les expérimentations ont permis de déterminer la répartition spatiale de la vermiculite fine en fonction de la distance devant l'appareil et du déplacement de l'opérateur sur toute la longueur de la zone à traiter. Pour les trois techniques, le volume appliqué varie significativement en fonction de la distance de l'appareil. Le Mini-Airbug a projeté la vermiculite de 0 à 1,5 m de l'appareil avec une quantité maximale mesurée à 1 m et le volume appliqué a augmenté linéairement avec l'avancement de l'opérateur. Le souffleur à auxiliaires, aux deux vitesses testées, a projeté la vermiculite de 0 à 4 m devant l'appareil avec une quantité maximale mesurée à 1,5 m. Au démarrage de cet appareil, une grande quantité de vermiculite a été projetée. Par la suite, le volume appliqué est demeuré constant avec l'avancement de l'opérateur. Au cours des expérimentations de la première année, il a également été observé que le Mini-Airbug et le souffleur à auxiliaires n'induisent pas d'augmentation significative de mortalité des acariens prédateurs, et ce, quelle que soit la distance à laquelle ils sont projetés sur une surface plane et dure. Ce résultat a été validé la deuxième année du projet, lorsque la viabilité des prédateurs a été évaluée après introduction sur une culture en serres commerciales. Il n'y avait pas de différence significative du nombre d'acariens viables échantillonnés dans la culture 1 et 7 jours après l'introduction avec le Mini-Airbug, le souffleur à auxiliaires (vitesse 1 et 2) et le saupoudrage manuel. Une analyse économique sommaire démontre que l'achat du Mini-Airbug et d'un souffleur/aspirateur peut rapidement être rentabilisé, car le temps d'introduction peut être réduit significativement avec ces appareils par rapport à l'introduction manuelle.

## **OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE**

L'objectif général du projet était d'évaluer différentes techniques d'introduction mécanique d'acariens prédateurs : le Mini-Airbug de la compagnie Koppert, le souffleur/aspirateur (Makita DUB182Z) adapté par la compagnie Plant Products pour l'introduction d'auxiliaires et un drone « Entobot » de l'entreprise Canopée développé pour des lâchers de trichogrammes

en champ (annexe 1). Suite à des prétests non concluants avec le drone, il a été décidé de retirer de l'essai cette technique de lâcher. Le souffleur à auxiliaires (Makita) a été testé à la vitesse un et deux des trois offertes sur l'appareil. L'acarien prédateur introduit était *Neoseiulus cucumeris* mélangé avec de la vermiculite fine en format 50 000 prédateurs.

Le **premier objectif spécifique** était d'évaluer pour chaque technique l'uniformité de la distribution de la vermiculite fine en fonction a) de la distance devant l'appareil et b) du déplacement de l'opérateur sur la longueur de la zone à traiter. Pour ces évaluations, dans un garage, à l'ITA campus Saint-Hyacinthe, 56 assiettes rondes (surface 64 po<sup>2</sup>) ont été disposées à huit distances de l'appareil (0 m; 0,5 m; 1 m; 1,5 m; 2 m; 3 m; 4 m et 5 m) et à sept distances le long du déplacement de l'opérateur (0 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m ; annexe 2).

Les appareils d'introduction étaient placés à 1,5 m du sol. La poignée du Mini-Airbug était perpendiculaire au sol et l'embout du souffleur à auxiliaires avait un angle d'environ 45° avec l'horizontal. La vitesse de déplacement de l'opérateur était de 27 m/min pour le Mini-Airbug, 70 m/min pour le souffleur à auxiliaires à la vitesse 1 et 64 m/min pour le souffleur à auxiliaires à la vitesse 2. La vitesse de déplacement a été fixée de manière à standardiser, entre les techniques, la quantité de vermiculite projetée au sol sur une surface donnée. Elle a été calculée en fonction de la distance maximale et du débit de projection de la vermiculite pour une application moyenne de 10 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (annexe 3). Le Mini-Airbug était ajusté à l'ouverture maximale (11).

Après chaque introduction mécanique, le volume de vermiculite des 56 assiettes a été mesuré. Cette expérience a été répétée trois fois. Les données ont été analysées par une sélection de variables (sélection montante,  $p < 0,05$ ), suivie d'une régression multiple. Les relations non linéaires ont été évaluées à l'aide d'une régression polynomiale. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel JMP.

Le **deuxième objectif spécifique** était de comparer entre les méthodes la viabilité des acariens prédateurs, suite à leur introduction mécanique, avec leur état avant l'introduction. La viabilité des acariens dans trois échantillons de 2,5 ml de mélange vermiculite/acariens prélevés dans chaque bouteille a donc été évaluée avant l'application. Ensuite, dans un garage, le mélange vermiculite/acariens a été appliqué mécaniquement selon les trois techniques testées. Des assiettes disposées à huit distances devant l'appareil (0 m, 0,5 m, 1 m, 1,5 m, 2 m, 3 m, 4 m et 5 m) ont permis de collecter et dénombrer, dans l'échantillon total, les *N. cucumeris* vivants, endommagés et morts. Pour cette expérience, l'opérateur est demeuré immobile devant les assiettes en maintenant les appareils dans le même angle que pour l'objectif précédent le temps nécessaire pour recueillir environ 3 ml de vermiculite dans les assiettes. Comme la distribution du mélange vermiculite/acarien n'était pas uniforme de 0 à 5 m, les assiettes étaient recouvertes lorsque ce volume était approximativement atteint, afin d'avoir des échantillons de taille comparable. Cette expérience a été répétée quatre fois. Les données ont été analysées par le test signé de Wilcoxon pour données appariées. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel JMP.

Le **troisième objectif spécifique** était de comparer la viabilité des prédateurs en condition de production (en serre sur une culture), à deux dates d'échantillonnage différentes. Le nombre de prédateurs échantillonnés sur la culture, suite à l'introduction selon les trois techniques mécaniques étudiées et une introduction manuelle, a été comparé en serres commerciales. Vu les contraintes pour les producteurs, la difficulté à trouver la superficie nécessaire en monoculture pour tester les techniques et le temps nécessaire pour l'échantillonnage, les trois répétitions de l'expérience ont été faites à trois moments différents entre le 27 mars et le 17 avril 2019 chez deux producteurs et sur différentes espèces de

plantes ornementales. Les traitements ont été testés sur des géraniums 'Dynamo Scarlet', des gerberas 'Lavender' et des impatiens de Nouvelle-Guinée 'Magnum Red'. Les prédateurs ont été introduits sur une section de table de 1,8 m X 4 m à l'aide de chacune des techniques. Les paramètres d'application ont été ajustés pour standardiser, entre les techniques, une application moyenne de 500 *N. cucumeris* et 0,02 g de pollen par m<sup>2</sup> sur la zone d'introduction (annexe 4). Les zones tampons entre les traitements comparés étaient au minimum de 4,5 m. Un échantillonnage a été fait un jour (J+1) et sept jours (J+7) après chaque introduction pour évaluer l'abondance de *N. cucumeris* dans chaque traitement. Une bordure de 0,2 m à l'intérieur de la zone d'introduction a été exclue de l'échantillonnage. L'ensemble des feuilles de 32 plants par unité expérimentale a été observé. Les données ont été analysées par une ANOVA en définissant dans le modèle les techniques et les dates de dépistage comme des effets fixes et les répétitions (blocs) et les plants (unités d'échantillonnage) comme des effets aléatoires. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R.

Le **quatrième objectif spécifique** était d'évaluer le coût et la rentabilité économique des techniques d'introduction mécaniques comparativement à l'application manuelle. Une évaluation des coûts de chaque technique a été faite en considérant le coût d'achat de l'appareil et du matériel, le temps requis pour l'application et le taux de mortalité des prédateurs.

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

**Objectif 1 :** Comparer l'uniformité de la distribution des ravageurs en fonction a) de la distance devant l'appareil et b) du déplacement de l'opérateur sur toute la longueur de la zone à traiter.

Distance de l'appareil (0 m; 0,5 m; 1 m; 1,5 m; 2 m; 3 m; 4 m et 5 m) :

Pour le Mini-Airbug et les deux vitesses du souffleur à auxiliaires, la quantité de vermiculite récoltée dans les assiettes varie avec la distance de l'appareil (figure 1a ; résultats des analyses à l'annexe 5). Cette quantité augmente, puis diminue de manière non linéaire en fonction de la distance (sélection du terme de puissance 2 ou 3).

Le Mini-Airbug applique de la vermiculite de 0 à 1,5 m de l'appareil, avec une quantité maximale mesurée à 1 m de l'appareil. Le souffleur à auxiliaires à la vitesse 1 applique de la vermiculite de 0 à 4 m, avec une quantité maximale mesurée à 1,5 m. Enfin, le souffleur à auxiliaires à la vitesse 2 applique de la vermiculite de 0 à 4 m, avec une quantité maximale à 1,5 m de l'appareil.

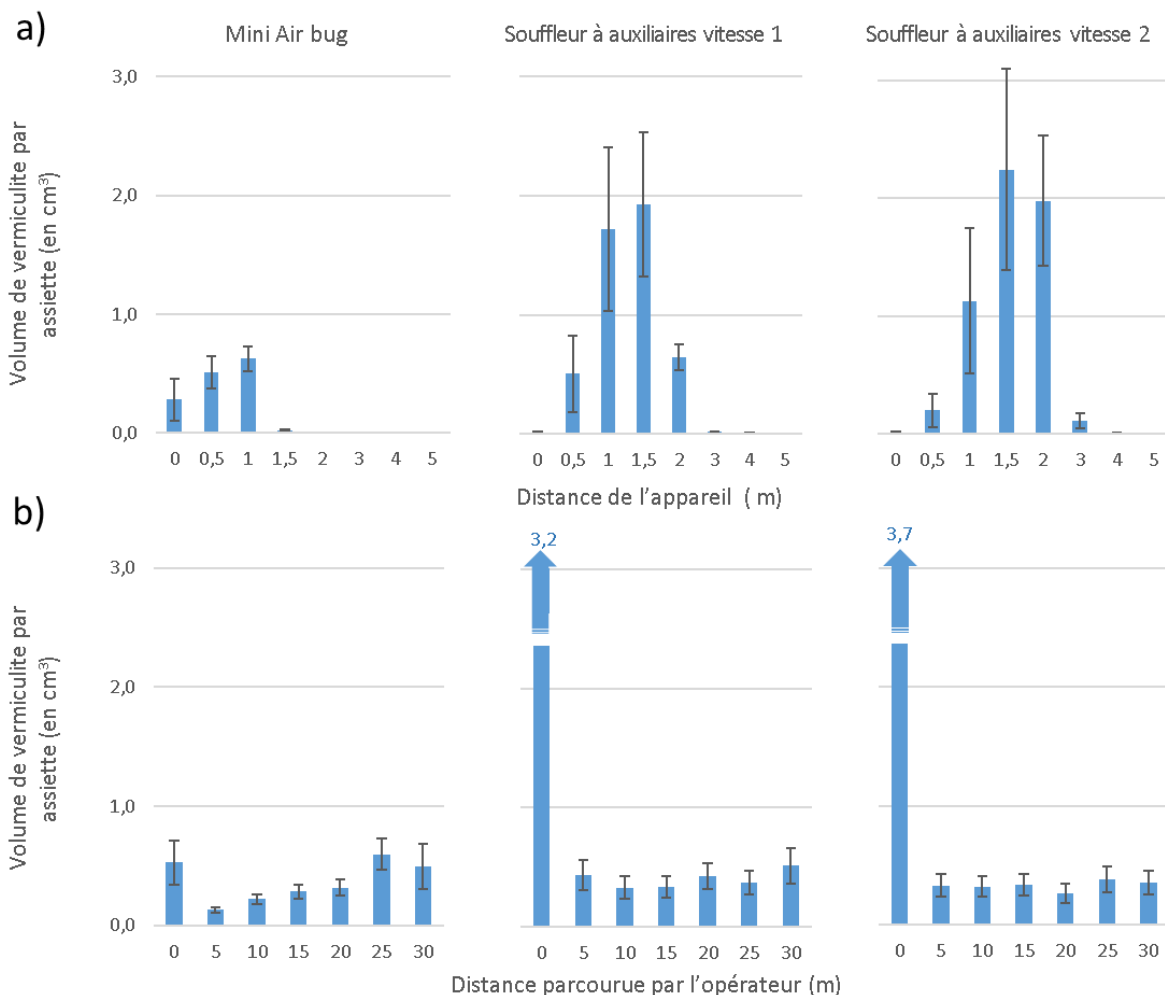


Figure 1 : Quantité de vermiculite par assiette ( $\pm$  erreur type) en fonction de a) la distance de l'appareil et b) la distance de déplacement de l'opérateur. Flèches : valeurs extrêmes dépassant la valeur maximum de l'axe

Distance de déplacement de l'opérateur sur toute la longueur de la zone à traiter (0 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m et 30 m) :

Les analyses ont montré qu'au niveau de la mise en marche de l'appareil (assiette à 0 m), le souffleur à auxiliaires a projeté une grande quantité de vermiculite (figure 1b). Les assiettes à 0 m avaient 8 fois plus de vermiculite que les suivantes à la vitesse 1 ( $Z=2,78$  ;  $p<0,01$ ), et 11 fois plus, à la vitesse 2 ( $Z=3,31$  ;  $p<0,01$ ). Cet effet n'a pas été observé pour le Mini-Airbug ( $Z=0,35$  ;  $p=0,72$ ).

Pour la suite du déplacement, de 5 à 30 m, la quantité de vermiculite envoyée par le souffleur à auxiliaires ne variait pas significativement (résultats des analyses à l'annexe 5). Par contre, elle augmentait significativement linéairement ( $t=2,9$  ;  $p<0,01$ ) au cours du déplacement avec le Mini-Airbug.

Des tests ont été réalisés avec le drone de l'entreprise Canopée. Comme il semblait que cet appareil n'était pas encore au point pour introduire des acariens prédateurs en serre, aucune donnée n'a été prise. Des ajustements pour mieux diriger l'introduction des prédateurs

seraient nécessaires, car le souffle généré par le vol envoyait les prédateurs et la vermiculite à plus de deux mètres autour du drone.

**Objectif 2 :** Comparer la viabilité des prédateurs avant et après leur introduction mécanique.

Pour chacune des trois techniques d'introduction, les analyses n'ont pas montré d'augmentation significative ( $p > 0,05$ ) du pourcentage de *N. cucumeris* morts ou endommagés, quel que soit la distance à laquelle ils étaient projetés (résultats des analyses à l'annexe 6). En comparaison avec le taux de mortalité mesuré dans les bouteilles avant l'application, le taux de mortalité moyen dans les assiettes était de 0,7 % plus faible avec le Mini-Airbug, de 3 % plus élevé avec le souffleur à la vitesse 1 et de 1,5 % plus élevé à la vitesse 2. Ces pertes sont considérées négligeables.

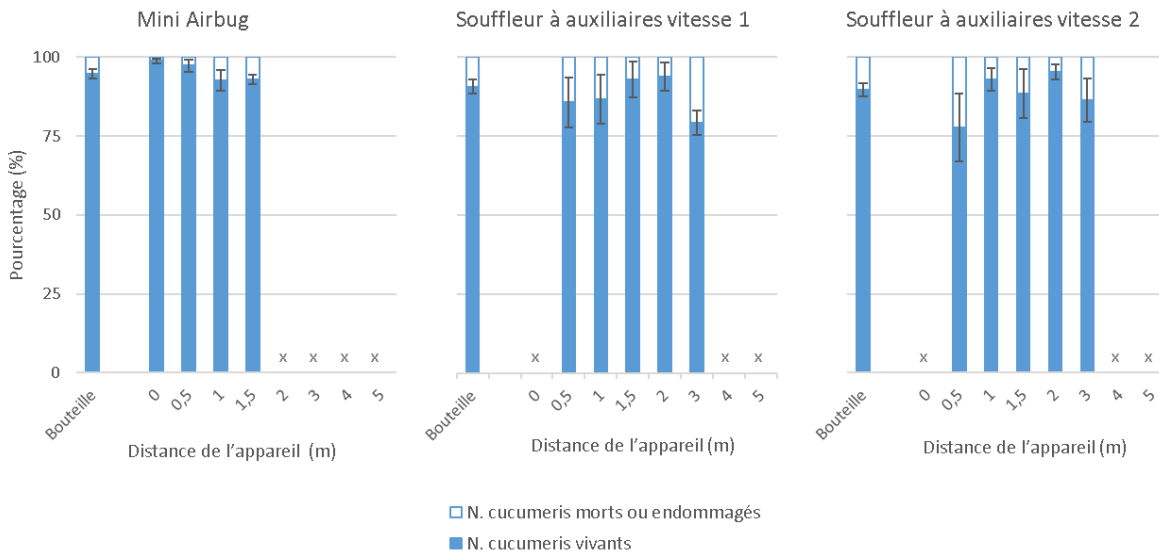


Figure 2 : Pourcentage de *N. cucumeris* vivants et morts ou endommagés ( $\pm$  erreur type) dans la bouteille en fonction de la distance de l'appareil pour les trois techniques d'introduction; x : distances pour lesquelles il n'y avait pas assez d'acariens dans l'assiette pour calculer un pourcentage de *N. cucumeris* morts ou endommagés

**Objectif 3 :** Comparer la viabilité des prédateurs en condition de production (en serre sur une culture), à deux dates d'échantillonnage différentes.

Dans la première répétition réalisée sur géranium, aucun acarien prédateur n'a été observé le lendemain de l'introduction (J+1). Pour cette raison, en plus du besoin du producteur de faire une intervention culturale non planifiée qui pouvait influencer les résultats, l'échantillonnage J+7 n'a pas été réalisé. Alors, seules les données des répétitions 2 et 3 ont été analysées. Le géranium avait été choisi, car cette espèce est produite sur de grandes surfaces et est peu sensible aux thrips dont la présence aurait pu influencer le développement du prédateur introduit. La structure des feuilles et les exsudats ont pu nuire à l'établissement de *N. cucumeris*.

Les résultats de l'ANOVA n'indiquent pas de différences significatives entre les techniques d'application ( $p=0,2277$ ) et d'interaction avec le moment de l'échantillonnage (J+1 ou J+7) ( $p=0,7655$ ). C'est-à-dire que l'abondance de *N. cucumeris* a évolué de façon comparable

dans tous les traitements. L'analyse indique que le nombre moyen d'acariens *N. cucumeris* par plant ( $\pm$  erreur type) échantillonnés sept jours après l'introduction ( $0,47 \pm 0,09$ ) était significativement plus élevé que le lendemain de l'introduction ( $0,22 \pm 0,08$ ) ( $p=0,0045$ ).

En combinant les données des deux répétitions et des deux dates d'échantillonnage, en moyenne ( $\pm$  erreur type), le nombre de *N. cucumeris* échantillonné par plant après l'introduction a été de  $0,45 \pm 0,14$  pour la technique manuelle,  $0,34 \pm 0,09$  pour le Mini-Airbug,  $0,45 \pm 0,20$  pour le souffleur à la vitesse 1 et  $0,3 \pm 0,07$  pour le souffleur à la vitesse 2. Ces résultats suggèrent que la survie et les capacités reproductives de *N. cucumeris* ne sont pas plus affectées suite à l'introduction mécanique qu'à l'introduction manuelle. Un plus grand nombre de répétitions et moins de variabilité auraient été souhaitables pour le confirmer.

**Objectif 4 :** Évaluer le coût et la rentabilité économique des techniques d'introduction mécaniques comparées à l'application manuelle.

Pour le projet, les introductions ont été faites sur de très petites superficies et le temps réel sur de grandes superficies n'a pas été mesuré. Pour la comparaison des méthodes, une estimation théorique des coûts a été faite pour une introduction de 500 *N. cucumeris*/m<sup>2</sup> sur une superficie de 2 000 m<sup>2</sup> (30 tables de 1,8 m x 37 m) en utilisant les paramètres d'application déterminés pour l'essai en serre commerciale (obj.3, annexe 4). C'est-à-dire que pour les quatre méthodes, le même nombre de bouteilles de mélange vermiculite/prédateurs est utilisé. Par contre, avec le souffleur à auxiliaire le mélange est dilué avec plus de vermiculite fine pour compenser le débit d'application plus élevé.

Le temps nécessaire pour l'introduction manuelle directement de la bouteille a déjà été mesuré au cours de précédentes études et montre des résultats variables : 159 m<sup>2</sup>/h (Lanzoni et coll. 2017), 313 m<sup>2</sup>/h (Opit et coll. 2005) et 450 m<sup>2</sup>/h (Pezzi et coll. 2015). Le temps d'application de 1,16 s/ml estimé par Opit et coll. (2005) a été utilisé pour calculer le coût en main d'œuvre pour l'application manuelle, car ce paramètre n'a pas été mesuré lors des applications du présent projet.

Comme les résultats du projet démontrent que les techniques d'introduction mécanique et manuelle ne réduisent pas significativement la viabilité des *N. cucumeris*, le taux d'introduction n'a pas été ajusté pour considérer la mortalité associée à une technique.

Catégories de coûts	Coût (\$) pour une application sur 2 000 m <sup>2</sup>			
	Mini-Airbug	Souffleur à auxiliaire V1	Souffleur à auxiliaire V2	Manuelle
<b>Matériel</b>				
Appareil	425,00	120,00	120,00	-
Vermiculite fine	-	3,20	1,60	-
Prédateurs	480,00	480,00	480,00	480,00
<b>Main d'œuvre<sup>a</sup></b>				
Mélange (dilution) et Remplissage réservoir	13,75	13,75	10,00	-
Application	5,00	5,00	5,00	96,00
<b>Total avec achat appareil</b>	<b>923,75</b>	<b>621,95</b>	<b>616,60</b>	<b>-</b>
<b>Total sans achat appareil</b>	<b>498,75</b>	<b>501,95</b>	<b>496,60</b>	<b>576,00</b>

<sup>a</sup> Calculé à 15\$/h incluant les bénéfices

L'estimation des coûts indique que la technique la plus économique est le souffleur à auxiliaire à la vitesse 2. Par contre, la différence pour le coût d'une application n'est que de 5,35 \$ avec la vitesse 1 et de 2,15 \$ avec le Mini-Airbug. Le coût calculé pour une application manuelle est 79,40 \$ plus élevé que la technique mécanique la plus économique. Considérant que le coût du souffleur est de 120 \$ l'achat est rentabilisé après seulement deux applications. Tandis que, l'achat du Mini-Airbug est rentabilisé après six applications.

Toutefois, la superficie et la disposition des tables ou des planches de culture peuvent varier d'une entreprise à l'autre et influencer le temps d'application et les pertes qui pourraient survenir avec un appareil de trop grande portée. Il n'en demeure pas moins que la présente évaluation démontre la rentabilité économique des techniques d'introduction mécaniques pour un prédateur peu coûteux et introduit à fort taux comme *N. cucumeris*. Dans cet exemple, le temps pour couvrir 2 000 m<sup>2</sup> a été estimé à une heure avec le souffleur comparativement à 6,4 heures avec l'introduction manuelle, soit une réduction de 85 % du temps d'introduction.

### **DIFFUSION DES RÉSULTATS**

Les rapports et la fiche synthèse du projet seront diffusés sur le site internet Agri-réseau et celui de l'IQDHO. Les résultats du projet ont été présentés lors du Colloque IQDHO à Drummondville le 4 février 2020. Un résumé du projet sera publié dans le journal GTA et sur le site de l'Alliance canadienne de l'horticulture ornementale (ACHO). Un article sera soumis pour publication dans le magazine spécialisé Québec Vert. La diffusion des résultats se fera également en continu via les services-conseils techniques de l'IQDHO.

### **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE**

*Neoseiulus cucumeris* est l'acarien le plus utilisé pour réprimer les thrips dans une très grande variété de cultures ornementales en serre et est également largement utilisé dans les cultures maraîchères. Ainsi, un grand nombre d'exploitations des secteurs horticoles ornemental et maraîcher bénéficiera des résultats de ce projet.

Les résultats du projet montrent que les deux types d'applicateurs mécaniques testés n'affectent pas significativement la viabilité de *N. cucumeris* et qu'il n'est pas nécessaire d'augmenter les taux d'introduction pour compenser le taux de mortalité. Certains conseillers avaient des doutes sur l'innocuité des outils d'introduction mécaniques et étaient réticents à recommander ce mode d'application. Ces résultats auront certainement un grand impact sur leurs recommandations et l'adoption de la lutte biologique par les entreprises produisant des plantes ornementales sur de grandes superficies et par le fait même sur la réduction de l'utilisation d'insecticides et des risques associés. La démonstration que le temps d'application peut être réduit significativement avec les outils d'introduction mécaniques comparativement à l'introduction manuelle encouragera assurément des producteurs à adopter cette pratique dans le contexte actuel de pénurie de main-d'œuvre.

Les essais ont également permis de montrer que la portée et la constance d'application peuvent varier en fonction du modèle et de la vitesse de l'appareil. Les données techniques générées pour le Mini-Airbug et le souffleur/aspirateur de marque Makita (modèle DUB182Z) pourront servir de guide pour les producteurs désirant utiliser ces modèles. Toutefois, il est recommandé de valider ces paramètres et de les ajuster pour leur appareil. De plus, ce modèle de souffleur/aspirateur n'est pas le seul outil à pouvoir être modifié pour l'introduction d'agents de lutte biologique. La méthodologie développée pour déterminer le patron de distribution de la vermiculite pourra inspirer les producteurs et conseillers souhaitant réaliser des tests pour établir les paramètres d'application avec d'autres modèles de souffleurs et améliorer l'efficacité de leurs introductions.



## **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

Émilie Lemaire, M.Sc. agr.  
3230, rue Sicotte, E-307  
St-Hyacinthe (Québec) J2S 2M2 Canada  
Téléphone : 450 778-6514 poste 231  
Courriel : elemaire@iqdho.com

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

L'IQDHO tient à remercier les entreprises La Ferme Grover Inc., Willy Haeck et fils Inc. et Serre et jardin Girouard d'avoir accepté qu'une partie du projet soit réalisée dans leurs serres. Nous remercions également Anatis Bioprotection, Plant Products, Canopée et Koppert pour leurs conseils et leurs contributions matériels. Remerciements à l'ITA qui a mis à notre disposition un local pour faire les tests de la première année.

« Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-Vert – Appui au développement et au transfert de connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021. »

## **RÉFÉRENCES**

Lanzoni, A. et coll.. 2017. Mechanical release of *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii* on protected crops. *Bulletin of Insectology* 70 (2) : 245-250.

Opit, G.P. et coll.. 2005. Survival, horizontal distribution, and economics of releasing predatory mites (Acari: Phytoseiidae) using mechanical blowers. *Biological Control* 33 (3) : 344-351.

Pezzi, F. et coll. 2015. Effects of mechanical distribution on survival and reproduction of *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii*. *Biosystems Engineering* 129 : 11-19.

## ANNEXE 1

Photographies des trois appareils évalués dans le cadre du projet : a) le Mini-Airbug de Koppert, b) le souffleur à auxiliaires de Plant Products (souffleur à feuilles transformé de marque Makita) et c) un drone de l'entreprise Canopée

**a**



**b**



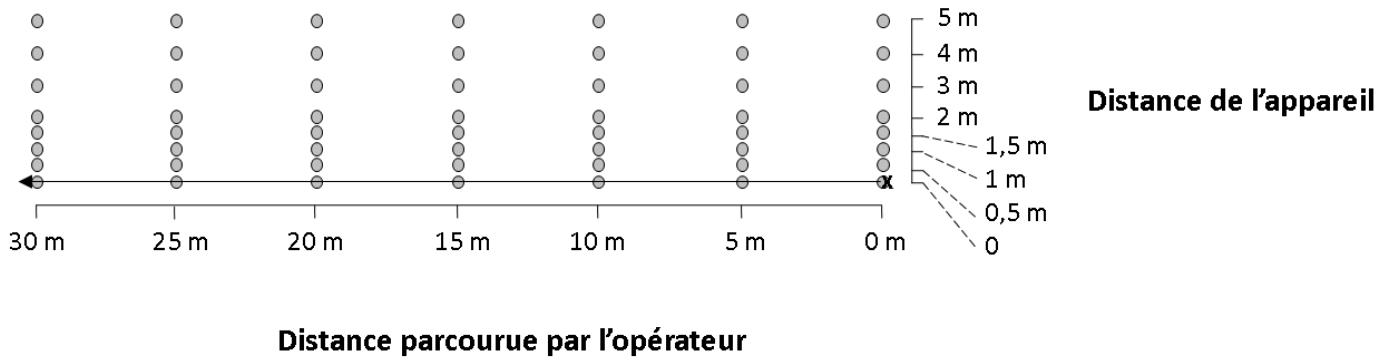
**c**



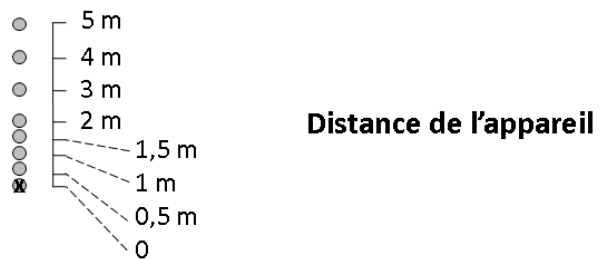
## ANNEXE 2

Plans expérimentaux des objectifs 1(a) et 2 (b). Cercles : assiettes (surface 64 po<sup>2</sup>) permettant de collecter la vermiculite et les acariens. x : lieu de départ de l'opérateur.  
Flèche : déplacement de l'opérateur (uniquement pour l'objectif 1)

a) Évaluation de l'uniformité de la distribution (objectif 1) :



b) Évaluation de la viabilité des prédateurs (objectif 2) :



### ANNEXE 3

Débit et distance maximale de projection de la vermiculite mesurés et vitesse de déplacement de l'opérateur calculée pour appliquer en moyenne  $10 \text{ cm}^3/\text{m}^2$  dans l'expérimentation de l'objectif 1 pour les trois appareils évalués

Méthodes	Mesurés par des pré-tests		Calculé à partir du débit et de la distance de projection
	Débit de projection ( $\text{cm}^3/\text{min}$ )	Distance maximale de projection (m)	Vitesse de déplacement de l'opérateur (m/min)
Mini-Airbug	400	1,5	27,3
Souffleur à auxiliaires, vitesse 1	2376	3,5	70
Souffleur à auxiliaires, vitesse 2	2704	4,25	65,1

## ANNEXE 4

### Paramètres d'applications des trois techniques mécaniques lors des essais en serres commerciales

Méthodes	Mini-Airbug	Souffleur à auxiliaires, vitesse 1	Souffleur à auxiliaires, vitesse 2
Hauteur de l'embout par rapport à la culture (m)	0,5		
Distance du bord de la table (m) vers l'intérieur (+) ou l'extérieur (-)	+ 0,30	- 0,25	- 0,75
Vitesse de marche (m/min)	70		
Volume de vermiculite (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	10,05	17,3	13,7
% de mélange acariens/vermiculite <sup>b</sup> à diluer avec vermiculite	99,5	57,7	73,2

<sup>a</sup> Calculé à partir du volume recueilli sur une surface de 1,8 m x 1 m lors de prétests

<sup>b</sup> Pour une bouteille de 50 000 acariens dans 1 000 cm<sup>3</sup> et un taux d'application de 500 acariens (10 cm<sup>3</sup>)/m<sup>2</sup>



