Évaluation de l'efficacité des insecticides biologiques azadirachtine et *B. thuringiensis* var. *kurstaki* pour lutter contre la tordeuse des canneberges dans la production de canneberges

Deuxième rapport d'étape projet 10-INNO1-14

Rédigé par :
Jean-Pierre Deland agr. M.Sc. CETAQ
Franz Vanoosthuyse, attaché de recherche, M.Sc. IRDA
Daniel Cormier, chercheur, Ph.D. IRDA

8 février 2013

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, dans le cadre du Programme Innovbio.

Sommaire

Introduction 4
1. Méthodologie 5
1.1. Bioessais en laboratoire 5
1.1.1 Élevage de la tordeuse des canneberges (TC) 5
1.1.2 Canneberge 6
1.1.3 Dates de réalisations 6
1.1.4 Méthodologie retenue pour les bioessais 7
1.1.5 Prises de données et analyses statistiques 8
1.2. Essais en champs 8
1.2.1 Protocole expérimentale 8
1.2.2 Périodes et conditions d'application des traitements 9
1.2.3 Évaluation des populations d'insectes avant les traitements et évaluation de l'efficacité des traitements insecticides 12
1.2.4 Analyses statistiques 12
2. Résultats 13
2.1. Bioessais en laboratoire 13
2.1.1 Bioessais avec les larves de stade 1 13
2.1.2 Bioessais avec les larves de stades 2-3 14
2.1.3 Bioessais avec les larves de stade 5 15
2.2. Essais en champs 16
2.2.1 Périodes et conditions d'application des traitements 16
2.2.2 Évaluation des populations d'insectes avant les traitements et évaluation de l'efficacité des traitements insecticides 18
3. Discussion et suite du projet 22
Annexe 1. Disposition des différentes parcelles expérimentales au site 1. 24
Annexe 2. Disposition des différentes parcelles expérimentales au site 2. 25

Introduction

Le Québec est la plus importante région de production de canneberges biologiques au monde. Près de 515 ha de canneberges sont sous régie biologique, représentant 15% de la superficie totale cultivée en ce petit fruit au Québec (superficie totale de 3425 ha). L'un des facteurs pouvant limiter le développement de cette culture sous régie biologique est la présence d'insectes ravageurs. Le ravageur le plus important pour cette culture est la tordeuse des canneberges, *Rhopobota naevana* (Hbn) (Lepidoptera : Tortricidae) qui peut occasionner des pertes pouvant atteindre 95% de la récolte. En production biologique la lutte contre cet insecte repose principalement sur l'utilisation de l'insecticide Entrust (spinosad). Afin d'offrir aux producteurs de canneberges des insecticides alternatifs à l'Entrust, qui auront pour effet de limiter le développement de la résistance, nous avons évalué l'efficacité de trois nouveaux insecticides biologiques soit un produit à base d'azadirachtine (AEF-11-03), le Bioprotec CAF (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) (*Btk*) et le Pyganic (pyréthrines). Les données générées par ce projet pourront être utilisées pour permettre l'homologation de ces produits dans la culture de la canneberge. Ce projet est d'une durée de trois ans et nous présentons ici les résultats obtenus lors de la deuxième année.

1. Méthodologie

À la lumière des résultats obtenus en 2011, nous avons modifié le protocole et remplacé les deux doses les plus faibles de Bioprotec CAF (1,5 et 3 litres/ha) par deux doses de Pyganic (1.4% pyréthrines) ainsi que la dose la plus faible d'azadirachtine (12 g m.a./ha) par une dose de 72 g m.a./ha.

Sept traitements ont été comparés à un témoin à l'eau distillée : 1 traitement à l'Entrust 80 W à la dose homologuée (87,4 g m.a./ha), 2 traitements au Pyganic 1.4 aux doses de 30 et 60 g m.a./ha, 3 traitements d'azadirachtine aux doses de 24, 48 et 72 g m.a./ha et 1 traitements de *Btk* à la dose de 50,8 MUI/ha (4 L de Bioprotec CAF/ha). Les deux premières doses d'azadirachtine testées sont celles recommandées sur les étiquettes des deux produits homologués dans la canneberge aux États-Unis soit l'Aza-Direct et le Neemix (48g m.a./ha pour de fortes infestations, 24g m.a./ha pour des infestations moins sévères). La dose de 50,8 MUI/ha de Bioprotec CAF, est légèrement inférieure à la dose maximale recommandée sur l'étiquette canadienne du Dipel 2X DF pour lutter contre les tordeuses dans différents arbres fruitiers. Les deux doses de Pyganic correspondent à la dose la plus forte et sa moitié, homologuées au Canada en novembre 2011 pour lutter contre différents lépidoptères, coléoptères et hémiptères dans les cultures de bleuet, de raisin, de framboise, d'haricot, de tomate et de rose.

1.1. Bioessais en laboratoire

La toxicité des insecticides a été évaluée sur des larves néonates (stade 1), des larves moyennes (stades 2-3) et des larves de dernier stade (stade 5) par contact et ingestion en utilisant une méthode de trempage de feuilles.

1.1.1 Élevage de la tordeuse des canneberges (TC)

Plus de 600 larves viables de 1e génération (G1) de tordeuses des canneberges (TC) ont été récoltées dans un champ de canneberges le 23 mai 2012. Ces larves ont été maintenues en élevage au laboratoire sur pousses de canneberge fraiches dans des plats Dixie D6 (Emballage Maska, St-Thomas-d'Aquin, Qc, Ca) de 100 mm de diamètre (3 à 4 larves par plat). Les plats contenaient de la vermiculite humidifiée sous papier Whatman® #2 de 90mm (Fisher Scientific, Suwanee, GA, USA). Entre le 29 mai et le 11 juin 2012, un total de 528 nymphes a pu être sexé selon la méthode de Fitzpatrick et Troubridge (1993) (photo 1) et placé individuellement dans des contenants Solo cup® P100 (Emballage Maska, St-Thomas-d'Aquin, Qc, Ca). À l'émergence les adultes étaient introduits dans des sacs de

plastique transparent de 5 lbs dans un rapport de 15 femelles pour 10 mâles par sac. Quelques gouttes d'eau miellée (50%) étaient posées à l'intérieur du sac. 24 heures après la mise en sac, des pousses de canneberges étaient introduites dans les sacs afin de fournir un support de ponte pour les femelles. Les œufs ont été récoltés aux deux jours et placés dans des plats Dixie D6 avec papier Whatman® humidifié. Les TC ont été maintenus à une température de 22±1°C le jour et 16±1°C la nuit avec une humidité relative de 70±10% et à une photopériode de 16L : 8O.

Figure 1. Nymphes femelle (gauche) et mâle (droite) de tordeuse des canneberges

1.1.2 Canneberge

Les pousses provenaient d'un champ à régie biologique. Pour les besoins de l'élevage, les pousses de canneberge ont été récoltées aux deux semaines. Dès réceptions, ces pousses étaient maintenues fraiches dans des sacs de plastique placés au réfrigérateur à 4°C ± 2°C. Pour les bioessais, les pousses étaient prélevées 2 à 4 jours avant les tests. Elles étaient ensuite uniformisées: tige de 5 cm de longueur composée de 8 feuilles incluant l'apex. Enfin pour éliminer les insectes et acariens pouvant provenir du champ, ces pousses ont été brossées et rincées à l'eau courante.

1.1.3 Dates de réalisations

Bioessais sur les néonates de 2e génération (G2) du 25 au 28 juin 2012 (240 larves pour 3 répétitions) et de 3e génération (G3) du 04 au 07 août 2012 (240 larves pour 3 répétitions), totalisant 6 répétitions.

Bioessais sur les larves moyennes (L2-3) de G2 du 27 au 30 juin 2012 (240 larves pour 3 répétitions) et de G3 du 03 au 06 août 2012 (80 larves pour 1 répétition), totalisant 4 répétitions.

Bioessais sur les larves de dernier stade (L5) de G2 du 28 juin au 01 juillet 2012 (240 larves pour 3 répétitions) et de G3 du 02 au 08 août 2012 (240 larves pour 3 répétitions), totalisant 6 répétitions.

1.1.4 Méthodologie retenue pour les bioessais

Les concentrations d'insecticides utilisées en laboratoire pour des béchers de 200ml étaient similaires aux doses à l'hectare utilisées en champs pour des réservoirs de 500l (Tableau 1).

Tableau 1. Conversion des doses de produits à l'hectare en concentrations pour les bioessais en laboratoire.

	Doses en champs dans 500l/ha	**Concentrations en laboratoire dans 200ml**
Eau distillée		200ml
Entrust 80W (Entrust)	87,4 g m.a	0,03496 g m.a
Azadirachtine 4,5% (AZA 24)	24 g m.a	0,0096 g m.a
Azadirachtine 4,5% (AZA 48)	48 g m.a	0,0192 g m.a
Azadirachtine 4,5% (AZA 72)	72 g m.a	0,0288 g m.a
Bioprotec CAF (Bio 4)	50,8 MUI	0,02032 MUI
Pyganic 1,4% (Pyg 30)	30 g m.a	0,012 g m.a
Pyganic 1,4% (Pyg 60)	60 g m.a	0,036 g m.a

La toxicité des insecticides a été évaluée simultanément par contact et ingestion en utilisant une méthode de trempage de feuilles recommandée par l'*Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC) (Porter, 2009) et similaire à celle de Shelton *et al*. (1993).

Étape 1: Préparation des pousses à raison d'une pousse pour deux larves néonates ou de L 2-3 et une pousse par L5;

Étape 2: Préparation des solutions pour les huit traitements (= 1 répétition);

Étape 3: Trempage vertical d'une pousse à la fois chronométrée pendant 10 secondes dans 200ml de solution de chaque traitement avec un vortex à 350 rpm;

Étape 4: Séchage des pousses sur grille métallique identifiée au traitement, sous hotte aspirante pendant une heure.

Étape 5: Introduction de cinq pousses (pour les bioessais sur les néonates et stade 2-3) ou dix pousses (pour les bioessais sur les larves de stade 5) dans un plat Dixie D6. Les pousses étaient approvisionnées en eau par des tubes à PCR de 0,2ml (VWR International, Ltée, Ville Mont-Royal, Qc, Ca).

Étape 6: Pose de dix larves par plat et mise des plats en chambre de croissance ajustée selon les mêmes paramètres que l'élevage. C'est à partir de cette étape que nous avons chronométré le temps requis pour l'observation à 24 et 72h après traitement.

Pour chaque traitement, l'expérience a été répétée six fois pour les néonates et les L5 et quatre fois pour les L2-3.

1.1.5 Prises de données et analyses statistiques

L'état des larves et la mortalité étaient relevés 24 et 72 heures après leur introduction sur les pousses traitées. Les larves ont été classées selon 3 catégories:

- Vivantes: larves qui réagissaient lorsque touchées avec un pinceau, se déplaçaient et se nourrissaient.
- Moribondes: larves qui réagissaient au touché, ne se déplaçaient plus et ne se nourrissaient plus.
- Mortes: larves qui ne réagissaient plus au touché, ne se déplaçaient plus et ne se nourrissaient plus.

Le taux de mortalité a été calculé en faisant la somme des larves mortes et moribondes, divisée par le nombre total de larves traitées par plat.

L'efficacité des insecticides, 24 heures et 72 heures après le traitement des pousses de canneberge, sur la mortalité des larves a été évaluée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification, soient traitement et répétition (SAS Institute Inc., 2008). Les différences significatives ont été isolées par un test H.S.D. de Tukey (Scherrer, 1984).

1.2. Essais en champs

1.2.1 Protocole expérimentale

Les traitements ont été appliqués 3 fois à un intervalle de 6 à 9 jours dans un volume de 500 L d'eau/ha. Les traitements ont été appliqués sur des parcelles de 3 x 5 m distante l'une de l'autre de 0,5 m. Les traitements ont été répétés 4 fois suivant un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet, dans chacun de deux champs de canneberges. Une

zone tampon de 10 m en périphérie des sites expérimentaux n'a pas été traitée par le producteur, afin de minimiser la dérive des insecticides. Cette zone a été traitée par des employés du Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ) à l'Entrust à faible pression, avec un pulvérisateur à dos, à une dose visée de 87,4 g m.a./ha. Les dispositifs expérimentaux sont illustrés aux Annexes 1 et 2. Le choix des sites a été basé sur les résultats de captures de tordeuses des canneberges dans des pièges à phéromone. Le premier site expérimental était située dans la municipalité de Notre-Dame-de-Lourdes alors que le deuxième était situé à St-Louis-de-Blandford. Les deux sites n'étaient distant que d'envrion 4 km. Les champs expérimentaux étaient sur sable. Le site 1 a été implanté et a été implanté en 2006 alors que le site 2 a été implanté en 2005, tous deux avec la variété Stevens (voir Figure 2).

1.2.2 Périodes et conditions d'application des traitements

La période idéale de traitement pour ce ravageur est au début de l'éclosion des œufs. Nous avons, au tout début de la ponte, identifié avec des rubans plusieurs plants porteurs d'œufs, pour un total de 60 œufs, près du site expérimental 1 et avons assuré le suivi de l'éclosion en vérifiant l'état des oeufs à tous les deux à trois jours. Nous avons réalisé notre première application d'insecticides lorsque plus de 95% de ces premiers œufs ont été éclos soit le 3 juillet. Les deuxième et troisième traitements ont été réalisés le 9 et 18 juillet. Les traitements dans les deux sites, ont été réalisés au cours des mêmes soirées.

Figure 2. Sites expérimentaux (haut site 1, bas site 2).

Le développement phénologique des plants de canneberge à proximité des sites expérimentaux a été évalué hebdomadairement durant la période de floraison. L'évaluation consistait à dénombrer les petits fruits sur 50 unités reproductives

(bourgeons floraux, fleurs ou fruits) à six reprises. Cette donnée nous a permis de savoir si la première application d'inseticides a été faite à un moment opportun pour lutter contre la pyrale des atocas. Pour lutter contre ce ravageur, nous visons une première application au stade de développement du plant de 50% nouaison.

Les traitements ont été appliqués à l'aide d'un pulvérisateur à dos Solo pressurisé au gaz carbonique. La largeur de la rampe d'application était de 2,5 m. Elle était munie de six buses espacées de 50 centimètres. Lors des pulvérisations, la température et la vitesse des vents ont été mesurés. Les conditions d'application des traitements sont présentées au Tableau 2. Des pluviomètres ont été installés près de chaque site expérimental. La pluviométrie a été mesurée quotidiennement pendant les 4 jours suivant chacune des pulvérisations. Les données climatiques provenant de la station climatique d'Environnement Canada à Lemieux (à 13 et 17 km des sites expérimentaux) ont également été recueillies pour ces trois périodes de 4 jours.

Tableau 2. Conditions climatiques lors des pulvérisations et description des caractéristiques d'application des traitements insecticides.

	1ière application		**2ième application**		**3ième application**	
	Site 1	**Site 2**	**Site 1**	**Site 2**	**Site 1**	**Site 2**
Date	3 juillet 2012		9 juillet 2012		18 juillet 2012	
Heure	19 :50 à 21 :15	21 :30 à 23 :00	21 :10 à 22 :30	19 :35 à 20 :55	22 :25 à 23 :40	19 :50 à 22 :10
T° moyenne (°C)	24	17	18	22	30	26
Vitesse moyenne du vent (km/h)	2	1,2	0	0	0	1,2
Type de buse	T60-11002VS		T60-11002VS		T60-11002VS	
Type de filtre	100 mesh		100 mesh		100 mesh	
Pression de pulvérisation	225 kpa		225 kpa		225 kpa	

Figure 3. Application des traitements expérimentaux

1.2.3 Évaluation des populations d'insectes avant les traitements et évaluation de l'efficacité des traitements insecticides

La densité de la population de TC a été mesurée avant traitement en dénombrant les œufs et les larves sur 75 pousses par parcelle. Les évaluations des dommages aux fruits et des rendements ont été réalisées à la mi-août en récoltant, comptant et pesant les fruits sains et les fruits endommagés par cet insecte ainsi que les fruits endommagés par la pyrale des atocas dans chacun de 5 quadrats de 0,0929 m^2 par parcelle, placés de façon aléatoire dans le centre des parcelles, distants d'au moins 1 mètre de la périphérie de celles-ci.

1.2.4 Analyses statistiques

Avant traitement, le niveau d'infestation des parcelles par les TC immatures (larves et œufs) a été évalué à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification, soient parcelle (une parcelle/traitement) et site expérimental (SAS Institute Inc., 2008).

L'efficacité des insecticides utilisés pour lutter contre la TC a été évaluée en champs en analysant l'effet de chaque traitement sur le taux de dégâts sur fruits dû aux insectes ravageurs (TC et pyrale des atocas) et sur le rendement vendable à l'hectare (quantité de fruits sains en kg/ha). Une analyse de variances à deux facteurs (sites et traitements) dans un dispositif avec parcelles subdivisées (split-plot) et blocs aléatoires complets a été effectuée en considérant les sites expérimentaux en tant que grandes parcelles, les

traitements en tant que petites parcelles, répétées quatre fois chez chacun des producteurs (SAS Institute Inc., 2008). Afin de normaliser les données et d'homogénéiser les variances, une transformation de type racine cubique a été effectuée sur les données de taux de dégâts des TC. Les différences significatives ont été isolées par un test H.S.D. de Tukey (Scherrer, 1984).

2. Résultats

2.1. Bioessais en laboratoire

Les traitements des pousses de canneberge ont eu un effet significatif sur le taux de mortalité des TC, 24 heures et 72 heures après le traitement, pour les néonates ($F_{7,35}$ = 23,76; $p < 0,0001$ et $F_{7,35}$ = 30,63; $p < 0,0001$), pour les L2-3 ($F_{7,21}$ = 97,24; $p < 0,0001$ et $F_{7,21}$ = 63,48; $p < 0,0001$) et pour les L5 ($F_{7,35}$ = 315,66; $p < 0,0001$ et $F_{7,35}$ = 67,39; $p < 0,0001$).

2.1.1 Bioessais avec les larves de stade 1

Néonates, 24 heures après le traitement (Figure 4)

Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité dû à l'Entrust et les deux concentrations de Pyganic (30 et 60). Le taux de mortalité dû à ces trois traitements a été significativement plus élevé que ceux dus aux autres traitements. Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité naturel (témoin à l'eau distillée) et les taux de mortalités dus aux trois concentrations d'azadirachtine (AZA 24, 48 et 72) et au Bioprotec CAF (Bio 4).

Néonates, 72 heures après traitement (Figure 4)

Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité dû à l'Entrust, les deux concentrations de Pyganic (30 et 60) et le traitement au Bioprotec CAF (Bio 4). Le taux de mortalité dû à l'Entrust et aux deux concentrations de Pyganic (30 et 60) a été significativement plus élevé que ceux dus aux trois concentrations d'azadirachtine (24, 48 et 72). Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité naturel (témoin à l'eau distillée) et les taux de mortalités dus aux deux plus faibles concentrations d'azadirachtine (24 et 48).

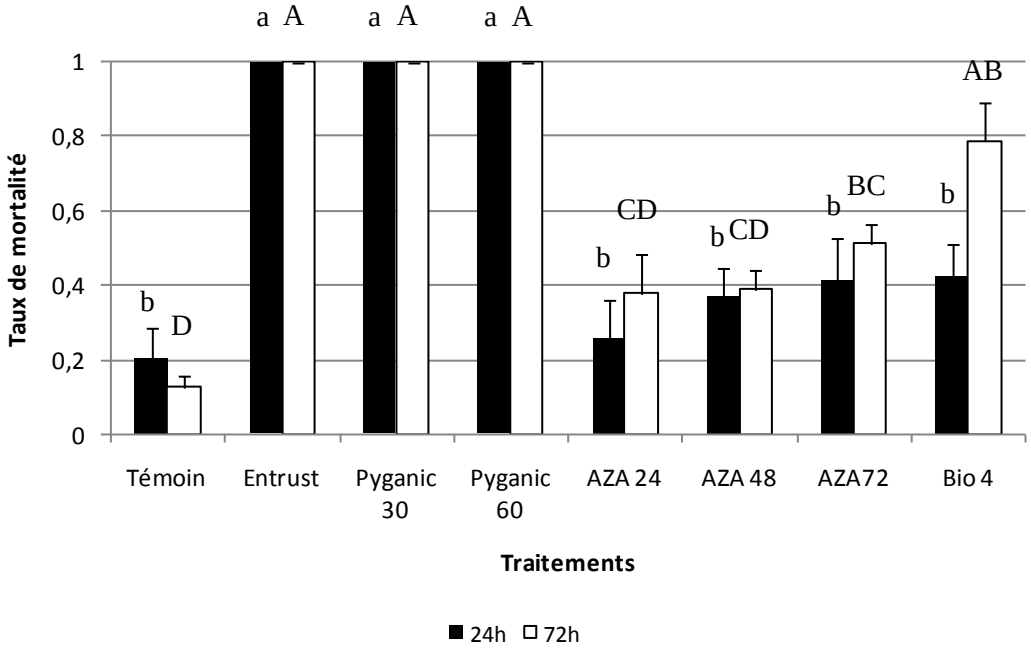


Figure 4. Moyennes (± erreur-type) des taux de mortalités des néonates de tordeuses des canneberges en fonction des traitements sur pousses de canneberge observée à 24 heures et à 72 heures après le traitement
Mortalité = larves mortes + larves moribondes. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les traitements (H.S.D, α=0,05).

2.1.2 Bioessais avec les larves de stades 2-3

L2-3, 24 heures après le traitement (Figure 5)

Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité dû à l'Entrust et les deux concentrations de Pyganic (30 et 60). Le taux de mortalité dû à ces trois traitements a été significativement plus élevé que ceux dus aux autres traitements. Le taux de mortalité dû à la plus forte concentration d'azadirachtine (72) était significativement plus élevé que le taux de mortalité naturel. Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité naturel (témoin à l'eau distillée) et les taux de mortalités dus aux deux plus faibles concentrations d'azadirachtine (AZA 24 et 48) et au Bioprotec CAF (Bio 4).

L2-3, 72 heures après traitement (Figure 5).

Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité dû à l'Entrust et les deux concentrations de Pyganic (30 et 60). Le taux de mortalité dû à ces trois traitements a été significativement plus élevé que ceux dus aux autres traitements. Aucune différence significative n'a été relevée entre les taux de mortalités dû aux trois

concentrations d'azadirachtine (24, 48 et 72) qui ont été significativement plus élevés que ceux dû à la mortalité naturel et au Bioprotec CAF (Bio4). Aucune différence significative n'a été relevée entre ces deux derniers traitements.

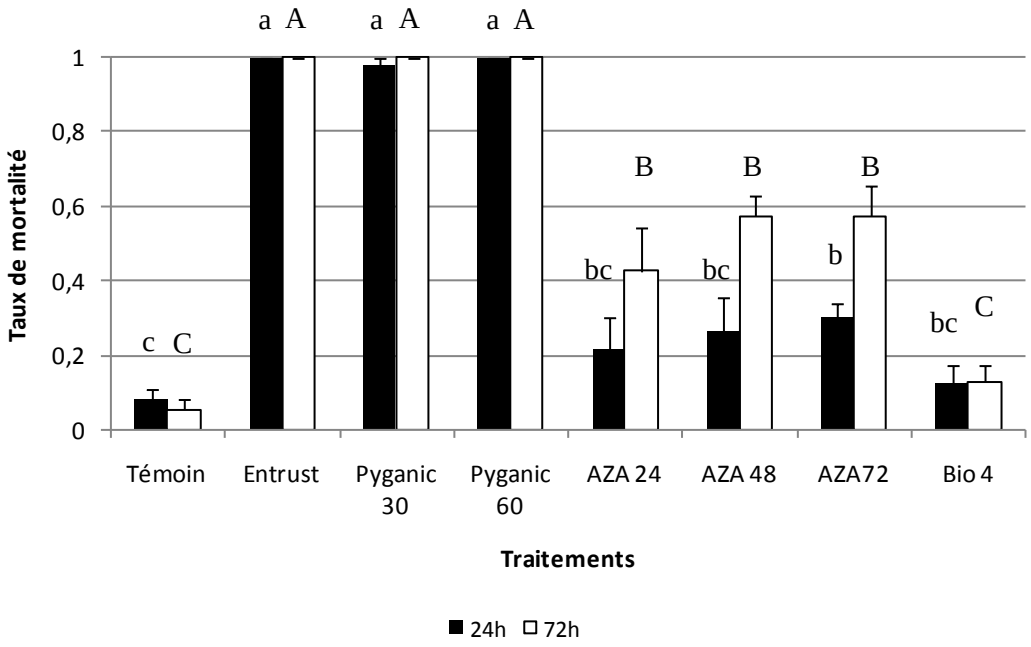


Figure 5. Moyennes (± erreur-type) des taux de mortalités des stades 2-3 de tordeuses des canneberges en fonction des traitements sur pousses de canneberge observée à 24 heures et à 72 heures après le traitement
Mortalité = larves mortes + larves moribondes. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les traitements (H.S.D, α=0,05).

2.1.3 Bioessais avec les larves de stade 5

L5, 24 heures après traitement (Figure 6)

Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité dû à l'Entrust et les deux concentrations de Pyganic (30 et 60). Le taux de mortalité dû à ces trois traitements a été significativement plus élevé que ceux dus aux autres traitements. Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité naturel (témoin à l'eau distillée), les taux de mortalités dû aux trois concentrations d'azadirachtine (24, 48 et 72) et au Bioprotec CAF (Bio 4).

L5, 72 heures après traitement (Figure 6)

Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité dû à l'Entrust et les deux concentrations de Pyganic (30 et 60). Le taux de mortalité dû à ces trois traitements a été significativement plus élevé que ceux dus aux autres traitements. Aucune différence significative n'a été relevée entre les taux de mortalités dû aux trois

concentrations d'azadirachtine (24, 48 et 72) et au Bioprotec CAF (Bio 4). Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de mortalité naturel (témoin à l'eau distillée), les taux de mortalités dû à la plus forte concentration d'azadirachtine (AZA 72) et au Bioprotec CAF (Bio 4).

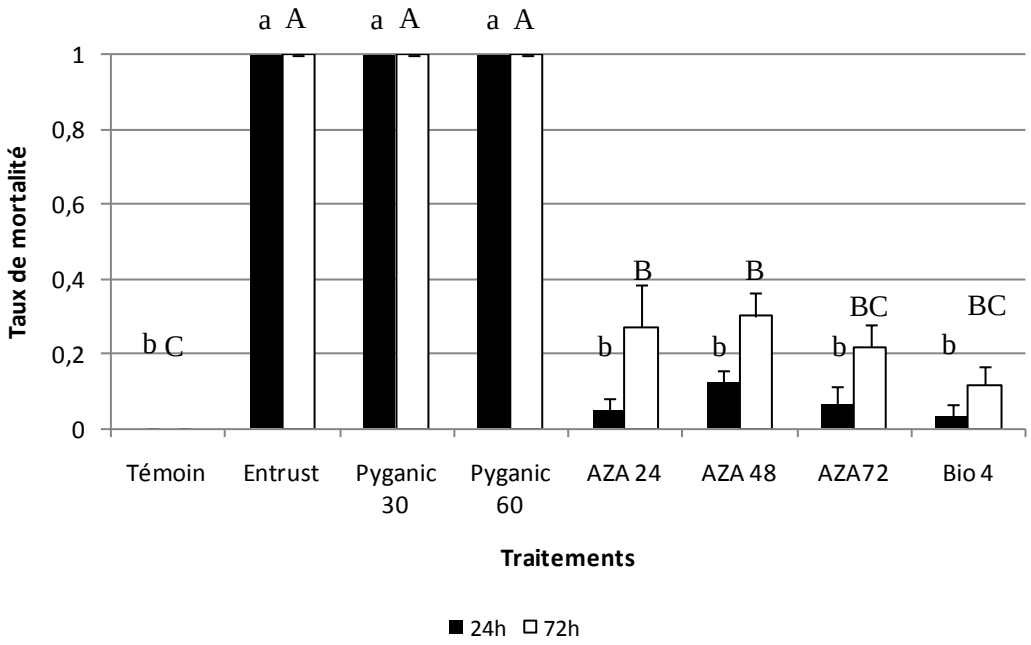


Figure 6. Moyennes (± erreur-type) des taux de mortalités des larves de stade 5 de tordeuses des canneberges en fonction des traitements sur pousses de canneberge observée à 24 heures et à 72 heures après le traitement.
Mortalité = larves mortes + larves moribondes. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les traitements (H.S.D, α=0,05).

2.2. Essais en champs

2.2.1 Périodes et conditions d'application des traitements

Les pourcentages de floraison/nouaison des plants de canneberge le 3 juillet, lors de la première application d'insecticide, ont été évalués à 65% et 54% nouaison aux sites 1 et 2 respectivement. Cette première application d'insecticides a donc été réalisée à un développement phénologique des plants de canneberge près de l'optimal (50% nouaison) pour lutter contre la pyrale des atocas.

Les données climatiques mesurées aux sites expérimentaux ainsi que celles recueillies à la station météo d'Environnement Canada située à Lemieux sont présentées dans le Tableau 3. Il a plu après une période de 3 à 5 heures auite à la première pulvérisation, pour les sites 2 et 1 respectivment, pour un total d'accumulation de 6 mm dans le site 1 (dans le site 2, la vérification de la quantité d'eau reçue n'a été faite que le 5 juillet). Cette pluie, peu de temps après la puvlérisation, peut être en partie responsable de la plus faible efficacité des

traitments observée pour le site 2 par rapport au site 1. Pour la deuxième et troisième applications d'insecticides, aucune précipitation n'est tombée durant les 24 heures suivant les pulvérisations bien qu'au site 2, le producteur ait irrigué pour une période de 1 heure la journée suivant la deuxième application et pour une période de 1,25 heure la journée suivant la troisième application.

Tableau 3. Pluviométrie et irrigation évaluées durant les quatre jours suivant chacune des applications d'insecticides selon les lectures effectuées par les producteurs à chacun des sites et les données de la station météo d'Agriculture Canada à Lemieux.

Date	Site 1			Site 2			Station météo Env. Canada Lemieux
	Précipitation (mm)	Hre de lecture du pluviomètre	Irrigation (hre)	Précipitation (mm)	Hre de lecture du pluviomètre	Irrigation (hre)	Précipitation (mm)
3/07/11 1ier application							
4/07/11	6	8 :00	0	-	-	-	-
5/07/11	2,5	8:00	0	14 (somme du 4 et du 5/07)	7 :30	0	-
6/07/11	0	7 :00	1	0	6 :30	0	-
7/07/11	0	9 :30	0	0	6 :00	0	0
9/07/11 2ième application							
10/07/11	0	8:00	0	0	5 :30	1	0
11/07/11	0	11:00	5	0	6 :00	2,25	0
12/07/11	0	8 :00	4	0	6 :00	0	0
13/07/11	0	8:00	0	0	8 :00	0	0
18/07/11 3ième application							
19/07/11	0	8 :00	0	0	7 :00	1,25	0
20/07/11	0	8 :00	2	-	-	-	0
21/07/11	0	8 :00	3	-	-	-	0
22/07/11	0	8 :00	0	-	-	-	0

2.2.2 Évaluation des populations d'insectes avant les traitements et évaluation de l'efficacité des traitements insecticides

Populations d'insectes avant les traitements

Le nombre moyen de TC immatures sur 75 tiges observées avant traitements était significativement plus élevé pour le site 2 que pour le site 1 ($F_{1,6}$ = 10,26; p = 0,0185) (tableau 4), était identique entre les parcelles utilisées pour les différents traitements ($F_{7,42}$ = 0,68; p = 0,6887) (tableau 5) et aucune interaction n'a été relevée entre les deux facteurs ($F_{7,42}$ = 0,9089; p = 0,5090).

Tableau 4. Nombre moyen (±erreur-type) de tordeuses des canneberges (TC) immatures dans chacun des sites expérimentaux (observation de 75 tiges par parcelle). Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les sites (ANOVA, α=0,05).

Site expérimental	Nombre de TC
1	6,97 ± 0,63b
2	17,16 ± 1,62a

Tableau 5. Nombre moyen (±erreur-type) de tordeuses des canneberges (TC) immatures dans chacune des parcelles utilisées pour les différents traitements (observation de 75 tiges par parcelle). Aucune différence significative n'a été relevée (ANOVA, α=0,05)

Parcelles	Nombre de TC
Témoin	12,25 ± 3,96 a
Entrust 80W (Entrust)	12,37 ± 4,19 a
Azadirachtine 4,5% (AZA 24)	11,00 ± 2,20 a
Azadirachtine 4,5% (AZA 48)	15,87 ± 4,60 a
Azadirachtine 4,5% (AZA 72)	10,12 ± 1,97 a
Bioprotec CAF (Bio 4)	12,87 ± 2,60 a
Pyganic 1,4% (Pyg 30)	10,75 ± 1,38 a
Pyganic 1,4% (Pyg 60)	11,25 ± 2,85 a

Lors de cette évaluation, les œufs représentaient 30% des tordeuses observées au site 1 et 56% au site 2. Le reste des tordeuses étaient sous forme larvaire.

Évaluation de l'efficacité des traitements insecticides – tordeuse des canneberges (Figure 7)

Quelque soit le traitement, le taux de fruits endommagés par les TC était significativement plus élevé pour le site 2 que pour le site 1 ($F_{1,6}$ = 68,57; p = 0,0002). Quelque soit le site, les traitements ont eu un effet significatif sur le taux de dommages occasionnés par la TC ($F_{7,42}$ = 29,78; p < 0,0001) et aucune interaction n'a été relevée entre l'effet des sites et des traitements sur le taux de fruits endommagés par les TC ($F_{7,42}$ = 1,16; p =0,3467).

Le taux de fruits endommagés dans les parcelles traitées au Bioprotec CAF (Bio 4) était significativement plus élevé que dans celles traitées avec la plus forte dose d'Azadirachtine (AZA 72), à l'Entrust et aux deux doses de Pyganic (30 et 60). Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de fruits endommagés dans les parcelles sans traitements (témoins), les parcelles traitées au Bioprotec CAF et celles traitées à l'azadirachtine (AZA 24, 48 et 72). Le taux de fruits endommagés par les TC dans les parcelles traitées à l'Entrust n'était pas significativement différent de celui des parcelles traitées au Pyganic (30 et 60) et à la plus forte dose d'azadirachtine.

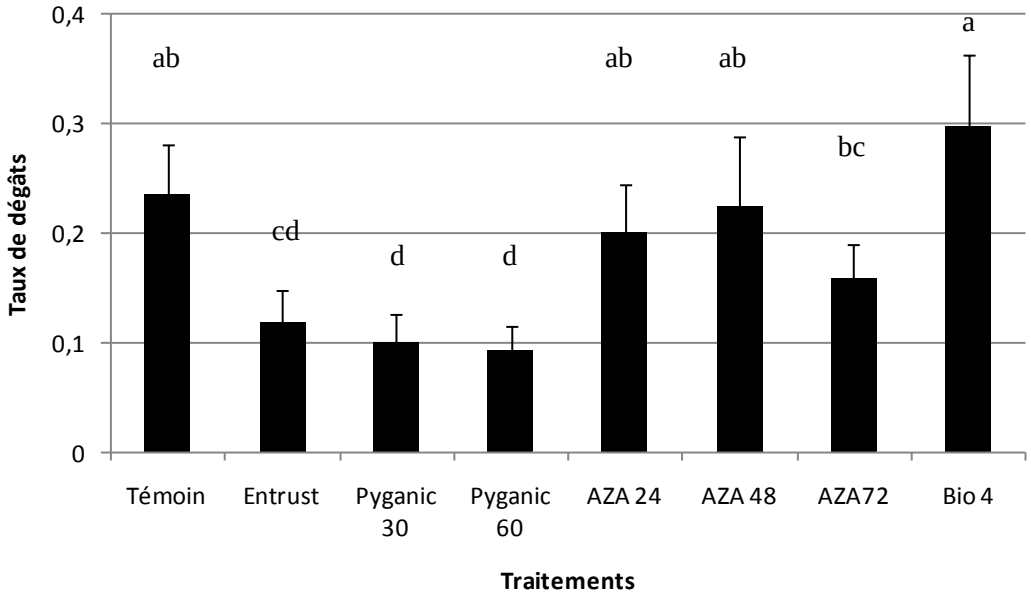


Figure 7. Moyennes (± erreur-type) des taux de fruits endommagés par la tordeuse des canneberges, en fonction des traitements. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les traitements (H.S.D, α=0,05).

Évaluation de l'efficacité des traitements insecticides – pyrale des atocas (Figure 8)

Aucune différence significative n'a été relevé concernant le taux de fruits endommagés par la pyrale des atocas entre les deux sites d'échantillonnage ($F_{1,6}$ = 1,13; p = 0,3295). Il différait entre les traitements ($F_{7,42}$ = 5,03; p = 0,0003) sans interaction entre les deux facteurs ($F_{7,42}$ = 0,55; p =0,7912).

Aucune différence significative n'a été relevée entre le taux de dommages dû aux pyrales dans les parcelles témoins, celui des parcelles traitées à l'Azadirachtine (24, 48 et 72) et au Bioprotect CAF (Bio 4). Aucune différence significative n'a été relevée entre les taux de dommage dû aux pyrales dans les parcelles traitées à l'Entrust et au Pyganic (30 et 60). Ce taux était significativement plus faible que dans les parcelles témoins et traitées avec la plus faible dose d'azadirachtine (AZA 24).

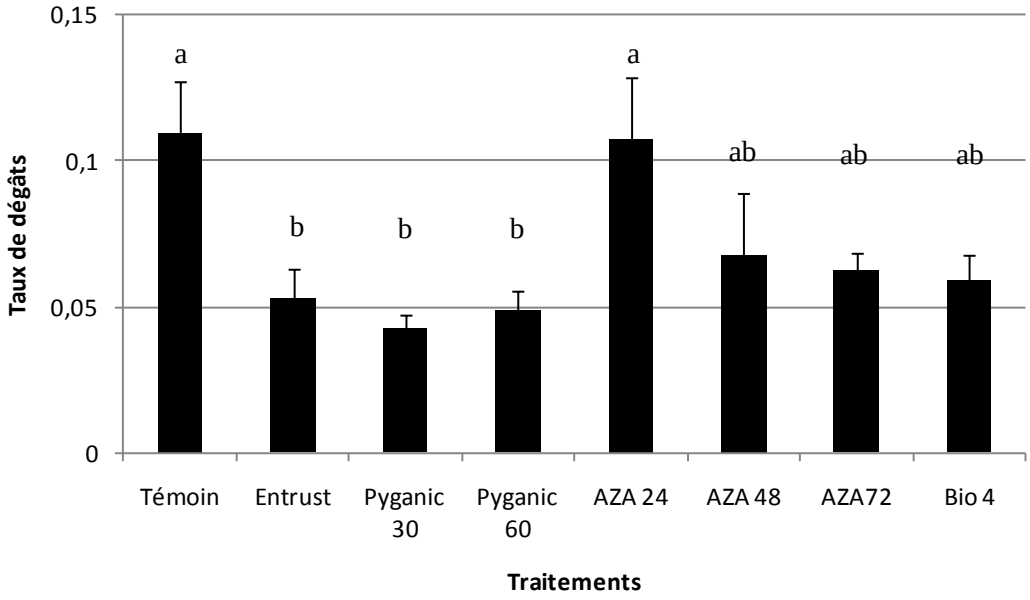


Figure 8. Moyennes (± erreur-type) des taux de fruits endommagés par la pyrale des atocas en fonction des traitements. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les traitements (H.S.D, α=0,05).

Évaluation de l'efficacité des traitements insecticides – rendement vendable (Figure 9)

Le rendement vendable moyen à l'hectare (quantité moyenne de fruits sains en kg/ha) était significativement plus élevé pour le site 1 que pour le site 2 ($F_{1,6}$ = 6,53; p = 0,0432), différait entre les traitements ($F_{7,42}$ = 7,17; p < 0,0001) sans interaction entre les deux facteurs ($F_{7,42}$ = 0,87; p =0,5358).

Aucune différence significative n'a été relevée entre le rendement de parcelles traitées à l'Entrust, au Pyganic (30 et 60) et à la plus forte dose d'azadirachtine (AZA 72). Aucune différence significative n'a été relevée entre les parcelles sans traitements (témoins) et les

parcelles traitées à l'Azadirachtine (24, 48 et 72) et au Bioprotec CAF (Bio 4). Le rendement était significativement plus faible dans les parcelles témoins et traitées avec les deux plus faibles doses d'azadirachtine (AZA 24 et 48).

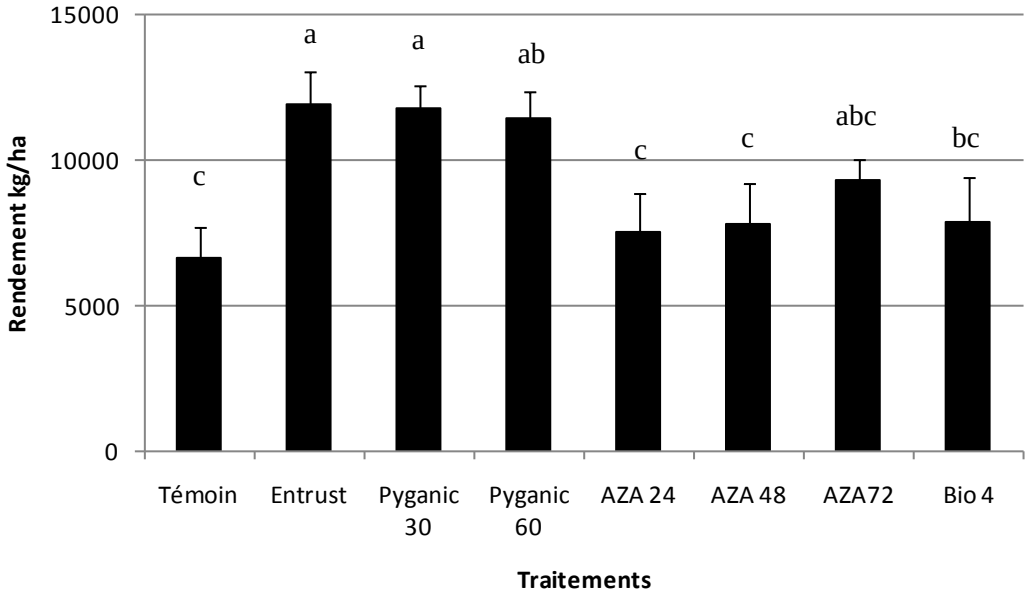


Figure 9. Rendements vendables moyens (± erreur-type) de fruits sains à l'hectare en fonction des traitements. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les traitements (H.S.D, α=0,05).

3. Discussion et suite du projet

Les résultats des essais en laboratoire corroborent ceux des essais au champ. Des quatre produits testés, l'Entrust et le Pyganic sont ceux qui ont amené la plus forte mortalité des larves de stades 1, 2-3 et 5 en laboratoire et ont obtenu le plus faible taux de fruits endommagés au champ. Aucune différence significative n'a été observée au niveau de l'efficacité de ces produits sur la tordeuse. Aucune différence n'a également été observée entre les deux doses de Pyganic (30 et 60 g a.i./ha). L'azadirachtine à la plus forte dose a été plus efficace que le *Btk* pour diminuer les dommages occasionnés par la TC aux champs. Les taux de dégats obtenus avec la plus forte dose d'azadirachtine dans l'essai en champ, s'apparentent à ceux obtenus avec l'Entrust mais sont supérieurs à ceux obtenus avec le Pyganic. La plus grande susceptibilité des larves de deuxième et troisième stades de TC à l'azadirachtine en comparaison au *Btk* permet d'expliquer les meilleurs résultats obtenus au champ. La faible efficacité du *Btk* pour lutter contre ce lépidoptère est surprenante puisque cet insecticide est reconnu pour causer la mortalité chez les larves ayant un intestin alcalin, comme celui des lépidoptères.

En ce qui concerne la pyrale, une diminution significative des dommages occasionnés par cet insecte a été observée dans les parcelles traitées à l'Entrust et au Pyganic. Aucune différence n'a été observée entre ces traitements. Notons que la dose d'Entrust homologuée pour lutter contre la pyrale est le double de celle homologuée pour lutter contre la tordeuse des canneberges (87,4 et 174,8 g m.a./ha pour la TC et la pyrale des atocas respectivement).

Les résultats de l'évaluation des rendements à la mi-août reflètent l'efficacité des traitements pour lutter contre la TC. Seuls les rendements évalués dans les parcelles traitées à l'Entrust et au Pyganic ont été significativement différents de ceux du témoin. Notons qu'étant donné la date hâtive à laquelle cette évaluation a été réalisée, les fruits n'avaient pas atteint leur grosseur maximale et les rendements mesurés sont inférieurs aux rendements réels lors de la récolte faite en octobre. L'évaluation nous permet tout de même de comparer les différents traitements quant à leur effet sur le rendement.

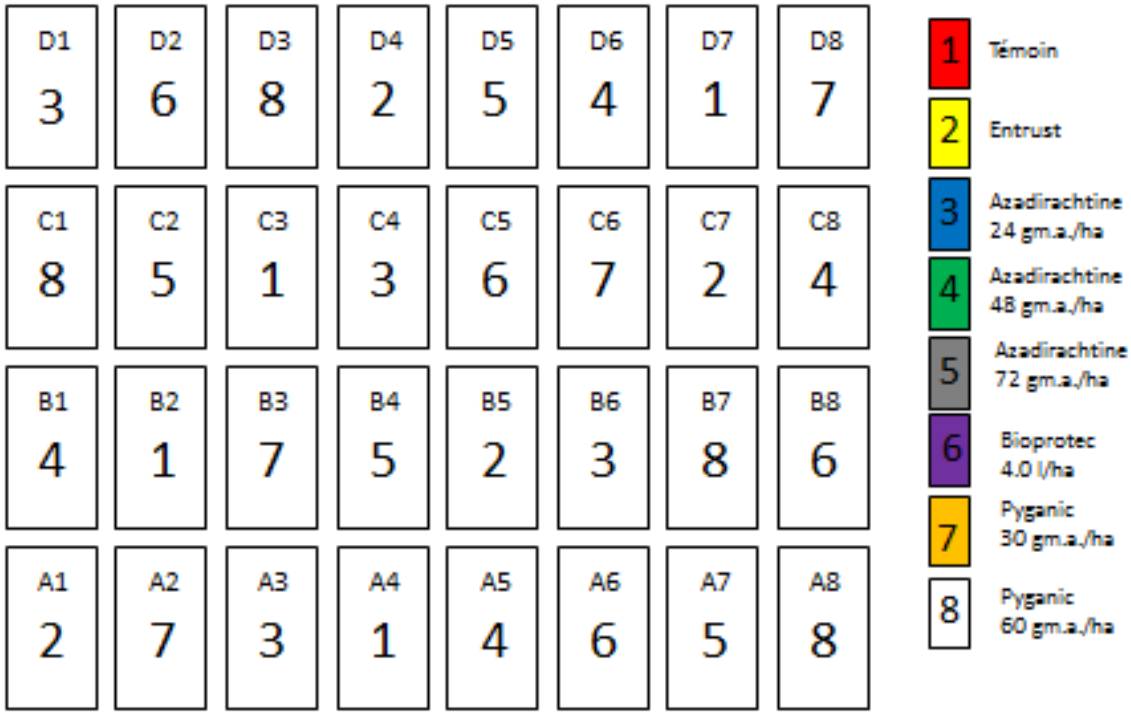
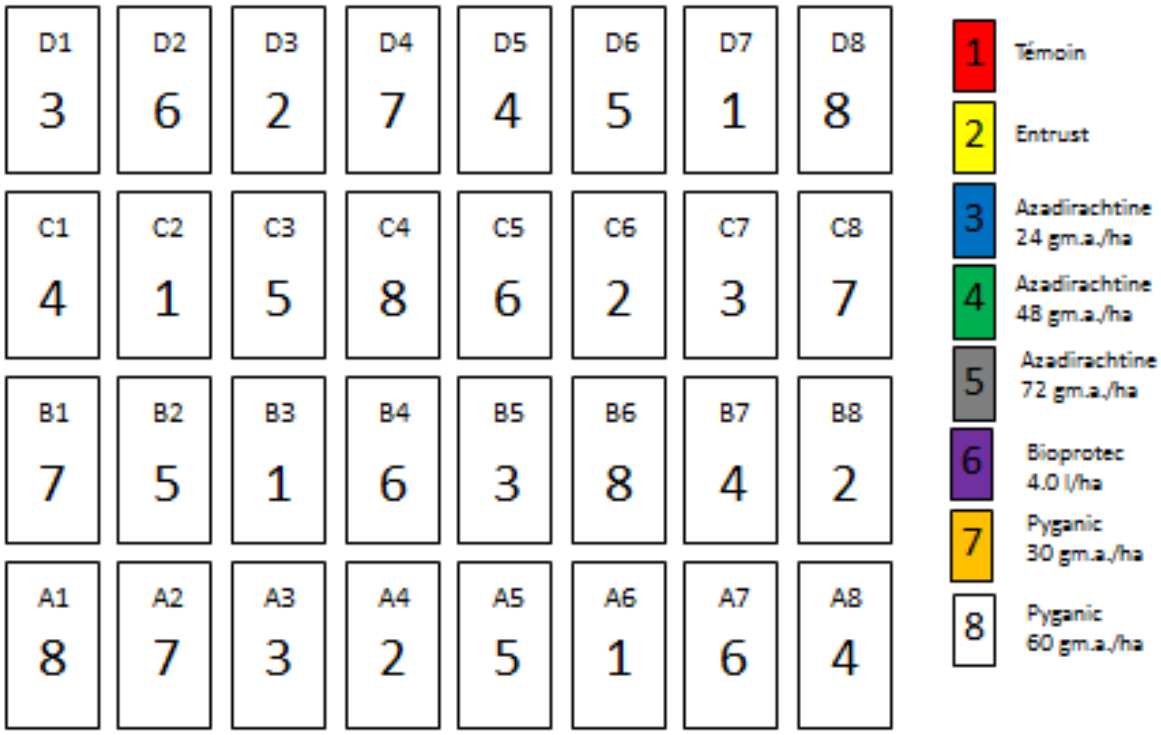
À la lumière des résultats obtenus en 2012, nous proposons quelques modifications aux protocoles pour l'année 2013.

- Nous aimerions remplacer deux doses d'azadirachtine par une application d'huile d'été ayant pour code AEF-1208 à une concentration de 1% (soit 5 litres d'huile dans

495 litres d'eau par hectare) ainsi que par un mélange de 48 ou 72 g a.i. d'azadirachtine (la dose utilisée sera déterminée dans les prochaines semaines) et d'huile d'été à concentration de 1%.

- Nous aimerions également ajouter un traitement de Bioprotec à la dose 4 L/ha auquel nous aurons ajouté un phagostimulant.
- Puisque les nouveaux traitements ont un caractère plus exploratoire et que nous augmentons légèrement le nombre de traitements, nous proposons de réaliser l'essai chez un seul producteur en 2013.

Annexe 1. Disposition des différentes parcelles expérimentales au site 1.



Annexe 2. Disposition des différentes parcelles expérimentales au site 2.