

Rapport final

Titre du projet :

**Lutte contre le doryphore de la pomme de terre en production biologique :
détermination de l'efficacité de nouveaux bio-insecticides**

No de projet :

PSDAB 07-BIO-34

Organisme requérant :

CIEL-Centre de valorisation des plantes

Date prévue de fin de projet :

22 décembre 2009

BRÈVE DESCRIPTION DU PROJET

Le doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) est le ravageur le plus important de la pomme de terre au Canada et au Québec. Les producteurs de pommes de terre biologiques disposent d'un nombre très restreint d'insecticides biologiques pour lutter contre ce ravageur et ne disposent pas d'un nombre suffisant d'applications annuelles pour lutter contre l'insecte. Pour répondre à cette problématique, l'efficacité de cinq insecticides biologiques a été testée durant la saison 2008 sur un site en transition biologique depuis 3 ans à Lavaltrie (Lanaudière). Les traitements à l'étude étaient : (1) Novodor® (*Bacillus thuringiensis* sous-espèce *tenebrionis*, type HB 176); (2) Surround® (kaolin) (3) Pyganic® (pyrèthre naturel); (4) Trounce® (savon insecticide) et (5) Entrust® (spinosad). Les traitements ont été comparés à un témoin non traité. En tout, ce sont 6 traitements qui ont été expérimentés en 2008. Parmi ces traitements, deux constituaient des produits déjà homologués au Canada, soit Entrust® et Novodor®. En 2008, la pression exercée par les doryphores de la pomme de terre a été forte durant toute la durée de production. Quatre semaines après la levée (1^{er} juillet), la défoliation atteignait déjà 50 % dans le témoin non traité (traitement 6) de même que dans les traitements 2 (Surround®); 3 (Pyganic®) et 4 (Trounce®), signe que ces trois traitements ne procuraient aucun contrôle significatif des doryphores comparativement au témoin non traité. Une semaine plus tard (8 juillet), ces mêmes traitements ne présentaient plus de feuillage, la défoliation atteignant 100 %. Les traitements 1 (Novodor®) et 5 (Entrust®) ont quant à eux été les seuls à démontrer une efficacité significative à lutter contre le doryphore en ne présentant que 4 % de défoliation au cours de la même période.

À la suite des résultats de 2008, la liste des traitements a été modifiée et en 2009, ce sont 7 traitements (dont un témoin non traité) qui ont été expérimentés. Les traitements étaient : (1) témoin non traité; (2) témoin commercial (alternance entre Novodor® (*Bacillus thuringiensis* sous-espèce *tenebrionis* type HB 176) et Entrust® (spinosad)); (3) NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC; (4) Botanigard® (*Beauveria bassiana*, souche GHA); (5) Azera (pyréthre + azadirachtine); (6) MOI 205 (extrait de plante) et (7) Quassan® (*Quassia amer*). Les pommes de terre ont été cultivées selon une régie biologique. Tout comme en 2008, la pression exercée par le doryphore de la pomme de terre a été très forte. Les traitements avec NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC; Botanigard® (*Beauveria bassiana*, souche GHA), Azera et le témoin commercial ont démontré une très bonne efficacité. Le Quassan a eu par contre une efficacité moyenne, alors que le MOI 205 n'a démontré aucune efficacité.

Les objectifs de ce projet sont (1) d'évaluer l'efficacité de nouveaux produits, (2) de pouvoir comparer leur niveau d'efficacité, et (3) de déterminer leur efficacité relative en comparaison avec les produits homologués (témoin commercial). Les traitements ont été répétés 4 fois (4 répétitions) à l'intérieur d'un dispositif en blocs complets aléatoires. Les variables étudiées étaient : (1) le nombre de larves du stade 1 & 2; (2) du stade 3 & 4; (3) le nombre total de larves; (4) le nombre d'adultes; (5) le pourcentage de défoliation (0-100 %) et (6) les rendements (kg/ha). Les données ont été analysées à l'aide du logiciel SAS (Statistical analysis system). Le test de Waller-Duncan a été utilisé pour analyser les données.

DÉROULEMENT DES TRAVAUX

Saison 2008

L'année 2008 constitue la première des deux saisons des essais. L'étude a été reconduite en 2009.

Le tableau 1 résume le déroulement des travaux durant la saison 2008. Le déroulement des travaux en 2008 respecte l'échéancier initialement fourni dans la demande de projet.

Tableau 1. Résumé du déroulement des travaux durant la saison 2008.

No	Déroulement des travaux en 2008	Date	
		Début	Fin
1	Préparation de l'essai (commande des semences; engrais biologiques, etc.)	Avril 2008	Début mai 2008
2	Préparation et plantation des parcelles	10 mai	12 mai (date du semis)
3	Entretien de l'essai (fertilisation biologique; sarclage; décompte des populations de doryphores, irrigation)	Mai 2008	Fin juillet 2008
4	Récolte de l'essai; criblage	29 juillet (récolte)	30 juillet (criblage)
5	Compilation des résultats; analyse des résultats sur SAS	Septembre 2008	Octobre 2008
6	Interprétation des résultats et écriture du rapport d'étape	Octobre 2008	Novembre 2008
7	Remise au responsable du comité du rapport d'étape	Décembre 2008	-

Saison 2009

La saison 2009 constitue la dernière année de l'essai.

Le tableau 2 résume le déroulement des travaux durant la saison 2009. Ces travaux ont été semblables à ce qui a été effectué en 2008.

Tableau 2. Résumé du déroulement des travaux durant la saison 2009.

No	Déroulement des travaux en 2008	Date	
		Début	Fin
1	Préparation de l'essai (commande des semences; engrains biologiques, etc.)	Avril 2009	Début mai 2009
2	Préparation et plantation des parcelles	18 mai 2009	19 mai 2009 (date du semis)
3	Entretien de l'essai (fertilisation biologique; sarclage; décompte des populations de doryphores, irrigation)	Mai 2009	Fin juillet 2009
4	Récolte de l'essai; criblage	5 août 2009 (récolte)	6 août 2009 (criblage)
5	Compilation des résultats; analyse des résultats sur SAS	Septembre 2009	Octobre 2009
6	Interprétation des résultats et écriture du rapport d'étape	Novembre 2009	Décembre 2009
7	Remise au responsable du comité du rapport d'étape	Décembre 2009	-

RÉSULTATS DU PROJET

Saison 2008

L'application des différents produits n'a engendré aucun symptôme de phytotoxicité dans les différents traitements en 2008. Ceci nous indique donc que tous les traitements étaient sécuritaires pour la culture.

En 2008, la première série de traitements a eu lieu le 19 juin, les populations totales de larves par plant variaient alors (Annexes 5 et 6) entre 29 et 34 dans tout les parcelles. Les décomptes effectués 24 heures après traitement, soit le 20 juin ont donné les résultats qui suivent. Les populations de larves de stade 1 & 2 et 3 & 4 ont été importantes du 20 juin au 2 juillet (Annexes 1 ; 2 ; 3 et 4). Durant cette période, le nombre total de larves par plant dans le témoin non traité a fluctué entre 31,5 et 48,6 (Annexes 5 et 6). Avec la fin de la première génération de doryphores, le nombre de larves a amorcé une baisse, pour atteindre moins de 9 larves par plant dès le 8 juillet et plus aucune larve à partir du 15 juillet.

Du 20 juin au 8 juillet, les traitements 1 (Novodor[®]) et 5 (Entrust[®]) ont permis un bon contrôle des populations larvaires alors que durant la même période, les traitements 2 (Surround[®]), 3 (Pyganic[®]) et 4 (Trounce[®]) comportaient un niveau total de larves similaire au témoin non traité (traitement 6) (Annexes 5 et 6). Ces traitements étaient significativement plus infestés en larves que les traitements 1 et 5. L'absence d'efficacité des traitements 2; 3 et 4 s'est traduite directement sur le niveau de défoliation qui a été similaire au témoin non traité. La défoliation dans ces traitements a donc été rapide et intense (Annexes 9 et 10). Ainsi, le pourcentage de défoliation qui en moyenne était de 15 % dans ces quatre traitements le 27 juin, augmentait à près de 50 % seulement 4 jours plus tard. Au 8 juillet, les traitements 2; 3; 4 et 6 étaient 100 % défoliés, aucun feuillage ne subsistait. Durant cette même période, le pourcentage de défoliation dans les traitements au Novodor[®] et au Entrust[®] n'a pas excédé 4,25 % (Annexes 9 et 10) démontrant ainsi que ces deux traitements ont été efficaces en permettant un bon contrôle des larves de doryphores et en protégeant la culture. À partir du 8 juillet, la deuxième génération de doryphores a fait son apparition. Étant donné le manque d'efficacité de trois des produits de l'essai, il n'y a pas eu de contrôle du doryphore sur les 2/3 de la superficie cultivée en pomme de terre. Un très grand nombre de larves a donc pupé au sol pour produire une deuxième génération d'adultes beaucoup plus importante que dans une situation de contrôle de l'insecte. Les populations de doryphores adultes sont présentées dans les annexes 7 et 8. De plus, cette absence de contrôle a conduit à la complète défoliation du même 2/3 de la superficie en pomme de terre. Ceci a eu pour effet que toute cette nouvelle population d'adultes s'est concentrée sur le 1/3 de la superficie présentant un feuillage presque intact, créant ainsi une pression de l'insecte anormalement élevée. Devant une telle pression, les deux traitements Novodor[®] et Entrust[®] n'ont pas permis de contrôler à 100 % les doryphores adultes qui ont rapidement défolié les parcelles. Dans le traitement 5 (Entrust[®]), la défoliation est passée de 12,75 % le 15 juillet à 84,25 % six jours plus tard (Annexes 9 et 10). Pour le Novodor[®], même si la défoliation a été légèrement moins rapide durant cette période, celle-ci atteignait tout de même près de 100 % le 25 juillet. Lors des prises de données à la suite des applications de Novodor[®] et Entrust[®] nous avons tout de même constaté la présence de très nombreux cadavres de doryphores, indiquant une efficacité des produits et un contrôle d'une bonne partie de la population. Cependant dans le contexte de l'essai et avec un intervalle entre les applications de 5 à 7 jours, la population d'adultes anormalement élevée n'a pu être complètement contrôlée et a entraîné une complète défoliation des plants.

La défoliation a bien sûr eu un effet sur le rendement en pomme de terre. Les traitements 1 et 5 (Novodor[®] et Entrust[®]) qui ont montré une bonne efficacité sur les insectes et qui ont retardé la défoliation ont permis d'obtenir les rendements les plus élevés soit 8,87 et 8,74 tonnes/ha respectivement (Annexes 11 et 12). Ces chiffres sont significativement différents des traitements 2; 3 et 4 qui ont donné de faibles rendements, variant entre 2,12 et 2,63 tonnes/ha, comparable au témoin non traité (Annexe 11).

Conclusions sur la saison 2008

Les deux traitements qui faisaient office de références (témoins commerciaux), le Novodor® et le Entrust® ont démontré un bon contrôle et un contrôle comparable du doryphore de la pomme de terre. Les autres traitements (Surround®, Pyganic® et Trounce®) n'ont démontré aucun signe d'efficacité. À la suite de ces résultats, la problématique du manque d'insecticides biologiques disponibles pour les producteurs biologiques du Québec restait toujours présente. Même si deux produits sont homologués, le nombre maximum de traitements autorisés avec le Entrust® n'est que de deux. Pour Novodor®, même si le nombre maximum de traitements durant une saison n'est pas mentionné sur l'étiquette, il n'en reste pas moins qu'il serait dangereux sur le plan de la gestion de la résistance de réaliser de façon répétée des traitements avec ce produit tout au long d'une saison. Il n'est donc pas souhaitable de contrôler le doryphore avec ces deux seuls produits tout au long d'une saison. Nous avons donc suggéré que les trois produits n'ayant démontré aucune efficacité soient remplacés par de nouveaux produits en 2009.

Saison 2009

Pour répondre à la problématique de cet essai et à ses objectifs, il était essentiel de tester de nouveaux insecticides biologiques puisque trois des cinq insecticides biologiques se sont montrés inefficaces durant la saison 2008. Le tableau 3 présente les traitements testés en 2009.

Aucun des traitements testés n'a engendré de symptômes de phytotoxicité en 2009, démontrant ainsi l'aspect sécuritaire des traitements à l'étude.

En 2009, la première série de traitements a eu lieu le 30 juin. Avant de réaliser les traitements, les populations de doryphores ont été évaluées afin de déterminer la population initiale. Les populations étaient majoritairement constituées par des larves dont le nombre variait entre 40 et 61 selon les parcelles (Annexes 17 et 18). Les décomptes effectués 3 jours après traitements, soit le 3 juillet, ont donné les résultats suivants. Les populations de larves de stade 1 & 2 et 3 & 4 ont été importantes dans le témoin non traité du 30 juin au 16 juillet (Annexes 13; 14; 15 et 16). Durant cette période, le nombre total de larves par plant dans le témoin non traité a fluctué entre 26,3 et 84,6 (Annexes 17 et 18). Avec la fin de la première génération de doryphores, le nombre de larves a amorcé une baisse, pour atteindre moins de 6 larves par plant dès le 16 juillet et quasiment plus aucune larve à partir du 27 juillet dans le témoin non traité.

Du 3 juillet au 23 juillet, le traitement 2 consistant à utiliser en alternance le Novodor® et l'Entrust® a procuré le meilleur contrôle des larves de doryphores. L'effet a été rapide, et ce, dès le 3 juillet (3 jours après application). Les autres traitements ont été plus longs avant de démontrer une efficacité sur les larves. Du 3 au 6 juillet, aucune différence significative entre les traitements 3; 4; 5; 6; 7 et le témoin non traité (traitement 1) n'a été décelée. Les premières différences significatives entre le témoin non traité et les traitements 3; 4; 5; 6 et 7 sont apparues au 9 juillet. Néanmoins, même si les différences sont significatives entre ces traitements, la baisse de population a été moyenne comparativement à ce qui était retrouvé dans le traitement 2. Ainsi, au 13 juillet, seulement 2,25 larves étaient retrouvées dans le traitement 2 (Annexe 18) contre 23 à 35 larves/plant dans les traitements 3 et 6 et 45,5 larves/plant dans le témoin non traité. Au 16 juillet, la même tendance générale se confirme avec une diminution non significative du nombre total de larves entre les traitements 3; 6 et 7 et le témoin non traité. Le traitement 6 à base de MOI 205 n'a démontré aucune différence significative comparativement au témoin non traité. Ce traitement n'a eu aucune efficacité sur les larves de doryphores. Le Quassan (traitement 7) quant à lui, n'a eu qu'une efficacité moyenne.

Les populations de doryphores adultes sont présentées dans les annexes 19 et 20. Jusqu'au 23 juillet, le nombre d'adultes dans tous les traitements a été similaire et non statistiquement différent. Il n'y avait donc

aucune différence avec le témoin non traité qui présentait un niveau de population d'adultes inférieur à un par plant. En fin de saison (entre le 23 et le 27 juillet), l'émergence de la deuxième génération d'adultes combinée à l'arrêt des traitements le 28 juillet a engendré une forte défoliation dans les traitements qui présentaient encore une bonne quantité de feuillage. En effet, les doryphores adultes ne trouvant aucun feuillage dans les parcelles du témoin non traité alors entièrement défolié, se sont concentrés sur les parcelles des traitements présentant un feuillage presque intact, créant ainsi une pression de l'insecte anormalement élevée. Devant une telle pression, les traitements 2; 3; 4 et 5 ont rapidement été défoliés. Dans le traitement 2 (Novodor® et Entrust® en alternance), la défoliation est passée de 6,5 % le 27 juillet à 57,5 % une semaine plus tard (Annexes 19 et 20). L'intensité de défoliation a été similaire dans les autres traitements durant cette période.

L'absence d'efficacité du traitement 6 (MOI 205) s'est traduite directement sur le niveau de défoliation qui a été statistiquement similaire au témoin non traité. La défoliation dans ce traitement a donc été rapide (Annexes 21 et 22) et a suivi la même tangente que le témoin non traité. Les parcelles traitées avec Quassan (traitement 7) démontrent un niveau de défoliation significativement plus faible que le témoin non traité et le MOI 205 (traitement 6). Le niveau de contrôle des larves que nous avons observé avec ce produit a donc permis de diminuer de façon significative le niveau de défoliation par rapport au témoin non traité. Néanmoins, la défoliation a tout de même atteint des niveaux importants, avec dès le 13 juillet, 42,5 % de défoliation. Au courant de la saison, la défoliation était significativement plus importante dans le traitement 7 (Quassan) comparativement au traitement avec NeemAzal (azadirachrine) 1,2 % Ec (traitement 3) et au traitement 2 (alternance entre Novodor® et Entrust®). Le traitement 2 qui avait procuré le meilleur contrôle des larves de doryphores a aussi procuré une excellente protection du feuillage, tout au long de la saison. Ainsi, au 27 juillet, seulement 6,5 % du feuillage était défolié. Le traitement 2 a été celui qui a le mieux protégé le feuillage contre la consommation des larves (Annexe 22).

Le traitement 4 (Botanigard®) qui avait procuré un contrôle moyen des larves a également permis un contrôle moyen de la défoliation. En effet, dès le 6 juillet, la défoliation atteignait déjà près de 30 % du feuillage. Ce niveau s'est par contre maintenu au même niveau jusqu'à la fin de la saison. L'Azera (traitement 5) a procuré un contrôle de la défoliation statistiquement similaire au traitement 3 (NeemAzal). La défoliation a été limitée à moins de 25 % jusqu'au 27 juillet, ce qui est excellent compte tenu de la forte pression exercée par les hauts niveaux de populations de doryphores.

La défoliation a bien sûr eu un effet sur le rendement en pommes de terre. Tous les traitements, sauf le traitement 6 (MOI 205) ont procuré un rendement significativement plus élevé que le témoin non traité. Les traitements 2; 3; 4 et 5 qui ont montré une bonne efficacité sur les insectes et qui ont retardé la défoliation ont permis d'obtenir les rendements les plus élevés, soit entre 13,48 et 16,08 tonnes/ha (Annexes 23 et 24). Le MOI 205 qui démontre une absence d'efficacité a procuré un rendement de 2,97 tonnes/ha, ce chiffre étant non différent du témoin non traité qui a donné un rendement de 4 tonnes/ha. Le traitement 7 (Quassan) qui avait montré une efficacité moyenne sur les larves et qui avait donc été plus rapidement défolié que les traitements 2; 3; 4 et 5 a obtenu un rendement significativement plus élevé que le traitement 1 (témoin non traité) et le traitement 6 (MOI 205). Néanmoins, le rendement du traitement 7 (Quassan) avec 8,37 tonnes/ha a été significativement plus faible que dans les traitements 2; 3; 4 et 5.

Il est aussi intéressant de noter que parmi le groupe des traitements procurant les meilleurs rendements (traitements 2; 3; 4 et 5), le traitement 4 (Botanigard®) a donné un rendement significativement plus faible (13,48 tonnes/ha versus 16,08 tonnes/ha) que le traitement 2 (Novodor® + Entrust® en alternance). Il n'y avait aucune différence dans le rendement entre les traitements 2; 3 et 5 et entre les traitements 3; 4 et 5. Il est intéressant de constater que les traitements 2, 3, 4 et 5 qui ont procuré le meilleur contrôle du doryphore et qui ont bien protégé le feuillage ont donné des rendements tous comparables et ont donc montré un niveau d'efficacité similaire. Les produits constituant les traitements 3; 4 et 5 pourraient donc représenter des solutions de lutte contre le doryphore. De plus, ces produits pourraient permettre

l'augmentation du nombre d'insecticides biologiques disponibles pour lutter toute la saison contre le doryphore en production biologique de pomme de terre, tout en assurant une bonne rotation de produit pour lutter contre l'apparition de résistance.

Tableau 3. Liste des traitements testés durant la saison 2009.

# Tr	Liste des traitements	Nbre total d'application	Intervalle entre traitements	Dose d'application	Volume d'eau/ha
1	Témoin non traité (aucun traitement)	-	-	-	-
2	Témoin commercial : Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176) + Entrust® (spinosad) utilisés en alternance	Traiter au besoin aux 5-7 jours si nécessaire 3 applications maximum	Tous les 5 à 7 jours Tous les 5 à 7 jours	8 000 ml/ha (8 Litres) + 50 g/ha	483 L/ha
3	NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC	8	Aux 5 à 7 jours	2 L/ha (2000 ml/ha)	483 L/ha
4	Botanigard® (<i>Beauveria bassiana</i> , souche GHA)	8	Aux 5 à 7 jours	2 338,39 ml/ha	483 L/ha
5	Azera (pyrèthre + azadirachtine)	8	Aux 5 à 7 jours	4 676,82 ml/ha	483 L/ha
6	MOI 205 (extrait de plante)	8	Aux 5 à 7 jours	3 litres par 100 L d'eau (3 % v/v)	483 L/ha
7	Quassan® (<i>Quassia amer</i>)	8	Aux 5 à 7 jours	4 litres/ha	483 L/ha

DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Les difficultés inhérentes à l'absence d'efficacité des produits testés en 2008 ont été corrigées en soumettant une nouvelle liste de produits pour 2009. Aucune difficulté particulière n'est survenue durant la saison 2009.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Les traitements 3 (NeemAzal 1,2 % EC) et 5 (Azera) ont procuré une efficacité et des rendements similaires au traitement commercial consistant à utiliser en alternance le Novodor® et le Entrust®. Ces deux produits constituent donc deux bonnes alternatives de traitements. Ils pourraient donc être intégrés dans un programme de lutte en agriculture biologique pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre. Le traitement 4 (Botanigard® (*Beauveria bassiana*), souche GHA) a aussi donné de très bons résultats et constitue également un produit prometteur qui pourrait être utilisable. Malgré son effet moins rapide sur l'insecte, ce produit pourrait trouver sa place dans une rotation de produits et dans une stratégie de lutte contre le doryphore de la pomme de terre. Le Quassan (*Quassia amer*) a quant à lui donné des résultats très moyens et le niveau de contrôle a été médiocre dans le contexte de fortes infestations que nous avons connu sur notre site. Par contre, le MOI 205 n'a démontré aucune efficacité, ce produit ne présente aucun intérêt pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre.

Ces résultats pourraient donc permettre d'appuyer à Ottawa, une éventuelle demande à l'atelier canadien de priorisation pour les produits ayant donné les meilleurs résultats, soit le NeemAzal 1,2 % EC, le Azera ou encore le Botanigard®.

POINT DE CONTACT

Nom du responsable du projet : Pierre Lafontaine, agr. Ph.D.

Tél. : (450) 589-7313 # 223

Télécopieur : (450) 589-2245

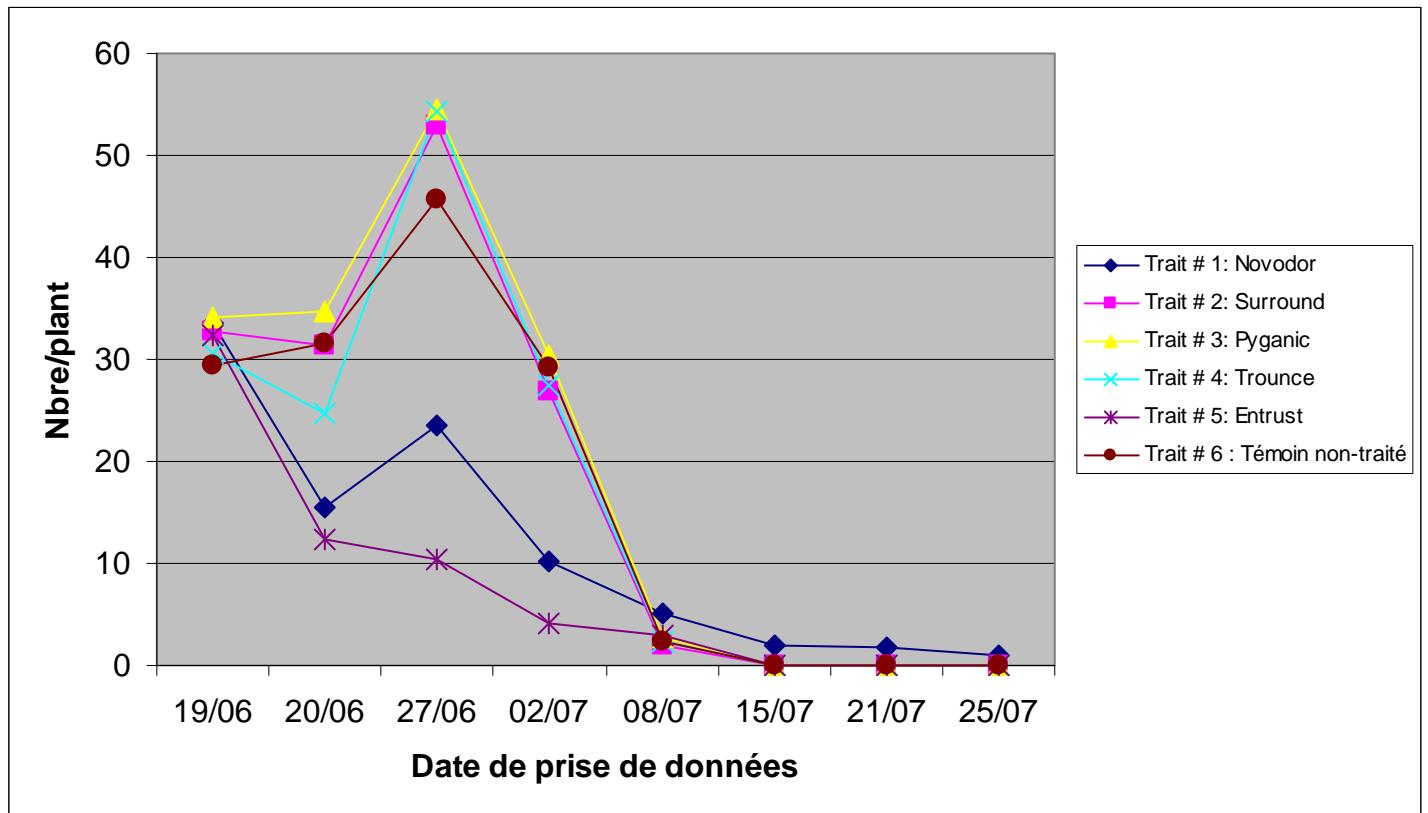
Courriel : p.lafontaine@ciel-cvp.ca

PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du Programme de soutien au développement de l'agriculture biologique (PSDAB).

ANNEXE(S)

Annexe 1. Évolution du nombre moyen de larves de doryphores de la pomme de terre de stade 1 & 2 durant la saison 2008.



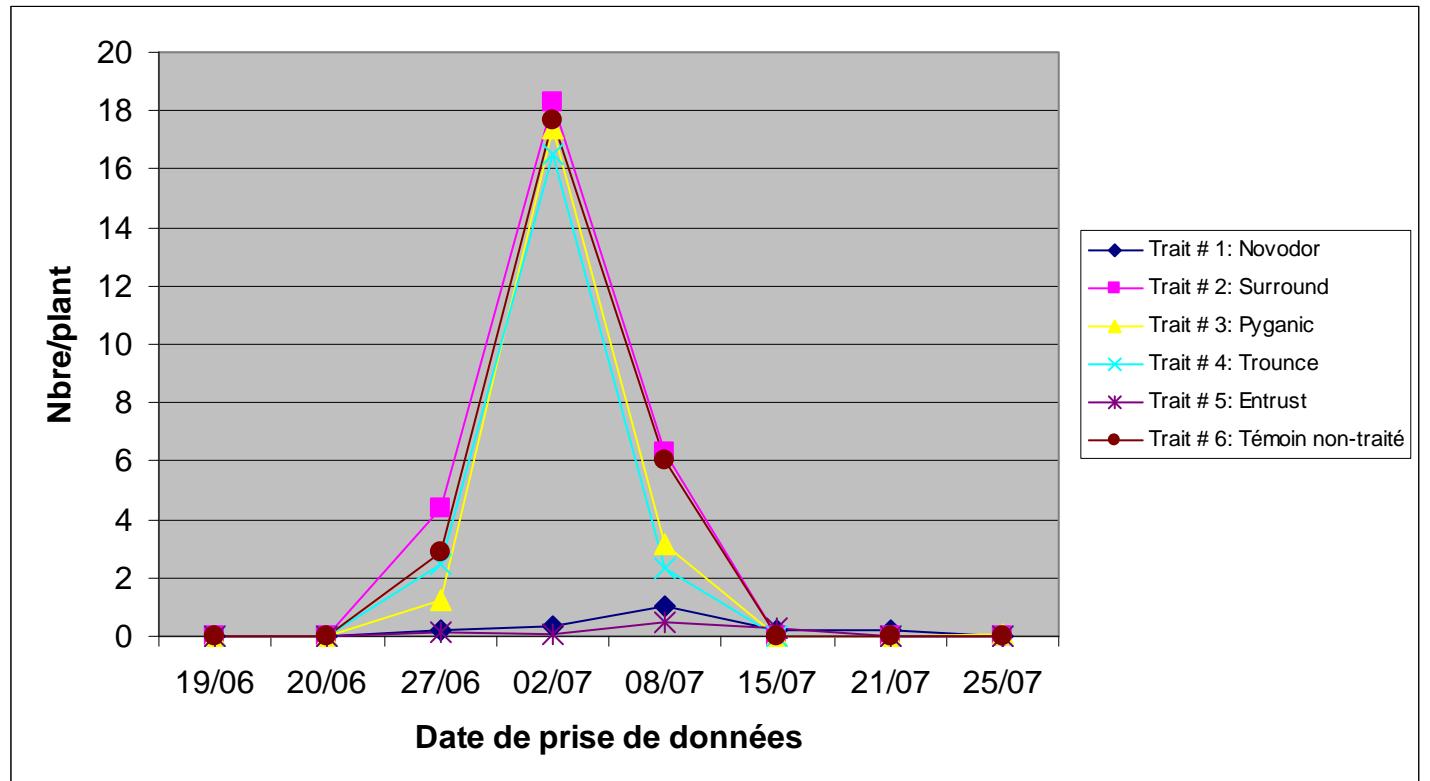
Annexe 2. Nombre moyen de larves de doryphores de la pomme de terre de stade 1 & 2 durant la saison 2008.

No	Traitement	19/06	20/06	27/06	02/07	08/07	15/07	21/07	25/07
1	Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176)	33,6 a*	15,5 bc	23,6 b	10,1 b	5,05 a	1,9 a	1,8 a	0,9 a
2	Surround® (kaolin)	32,8 a	31,3 a	52,95 a	26,95 a	1,95 a	0 a	0 a	0 a
3	Pyganic® (pyréthre naturel)	34,1 a	35 a	54,6 a	30,45 a	2,75 a	0 a	0,05 a	0 a
4	Trounce® (savon insecticide)	30,5 a	24,8 ab	54,3 a	27,5 a	2,3 a	0 a	0 a	0 a
5	Entrust® (spinosad)	32,3 a	12,45 c	10,45 b	4,2 b	2,85 a	0 a	0 a	0 a
6	Témoin non traité	29,4 a	31,5 a	45,71 a	29,15 a	2,45 a	0 a	0 a	0 a

Pr > F	0,83	0,0045	<.0001	<.0001	0,1167	0,6253	0,7521	0,7843
CV	29,12	31,49	25,46	21,25	52,30	185,23	75,1	92,5

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 3. Évolution du nombre moyen de larves de doryphores de la pomme de terre de stade 3 & 4 durant la saison 2008.



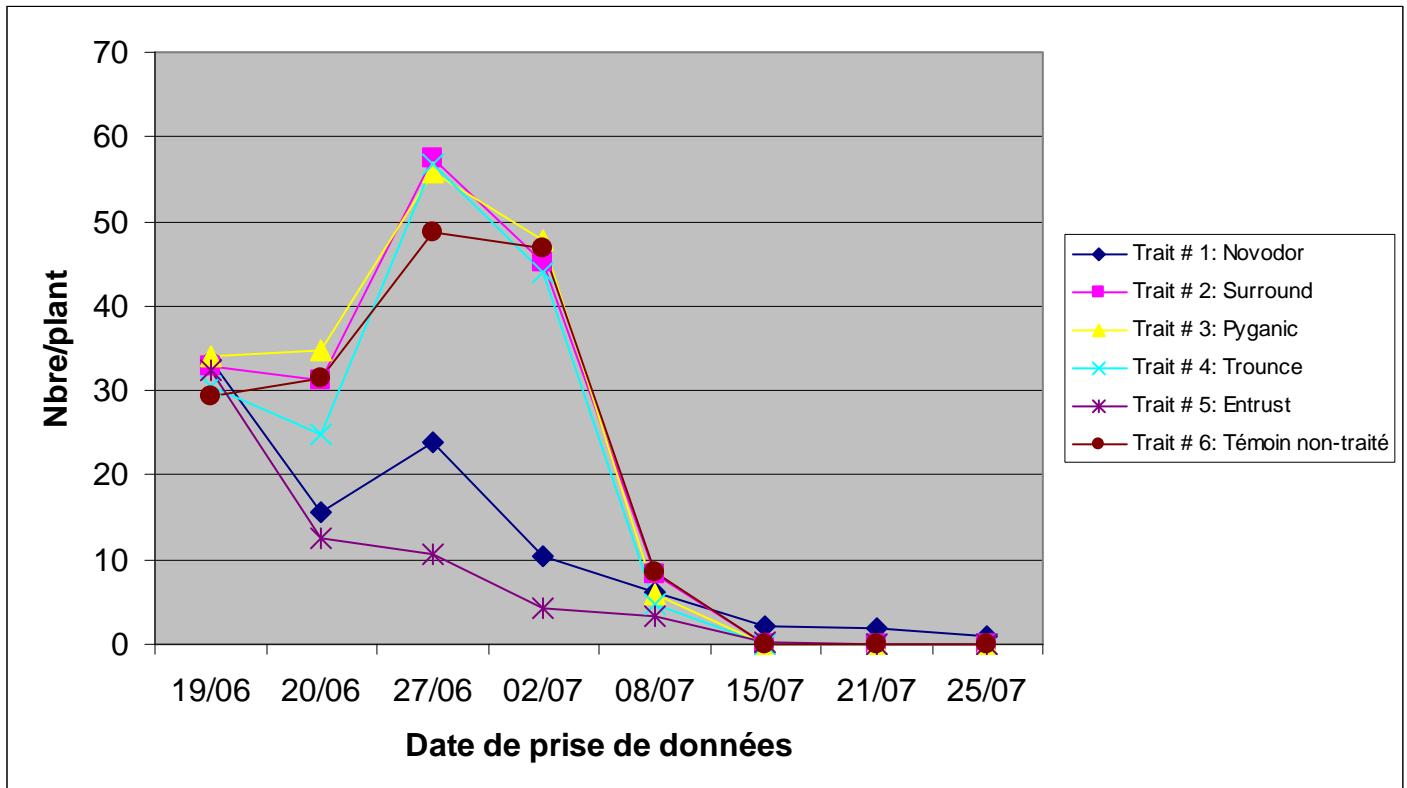
Annexe 4. Nombre moyen de larves de doryphores de la pomme de terre de stade 3 & 4 durant la saison 2008.

No	Traitement	19/06	20/06	27/06	02/07	08/07	15/07	21/07	25/07
1	Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176)	0 a*	0 a	0,2 c	0,35 b	1 a	0,2 a	0,2 a	0 a
2	Surround® (kaolin)	0 a	0 a	4,4 a	18,3 a	6,3 a	0 a	0 a	0 a
3	Pyganic® (pyréthre naturel)	0 a	0 a	1,25 bc	17,4 a	3,15 a	0 a	0 a	0,1 a
4	Trounce® (savon insecticide)	0 a	0 a	2,5 b	16,5 a	2,35 a	0 a	0 a	0 a
5	Entrust® (spinosad)	0 a	0 a	0,15 c	0,1 b	0,45 a	0,3 a	0 a	0 a
6	Témoin non traité	0 a	0 a	2,91 ab	17,65 a	6,05 a	0 a	0 a	0 a

Pr > F	-	-	0,0011	<.0001	0,0553	0,47	0,79	0,65
CV	-	-	64,48	24,62	92,20	89,21	102,89	75,12

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 5. Évolution du nombre total de larves de doryphores de la pomme de terre durant la saison 2008.



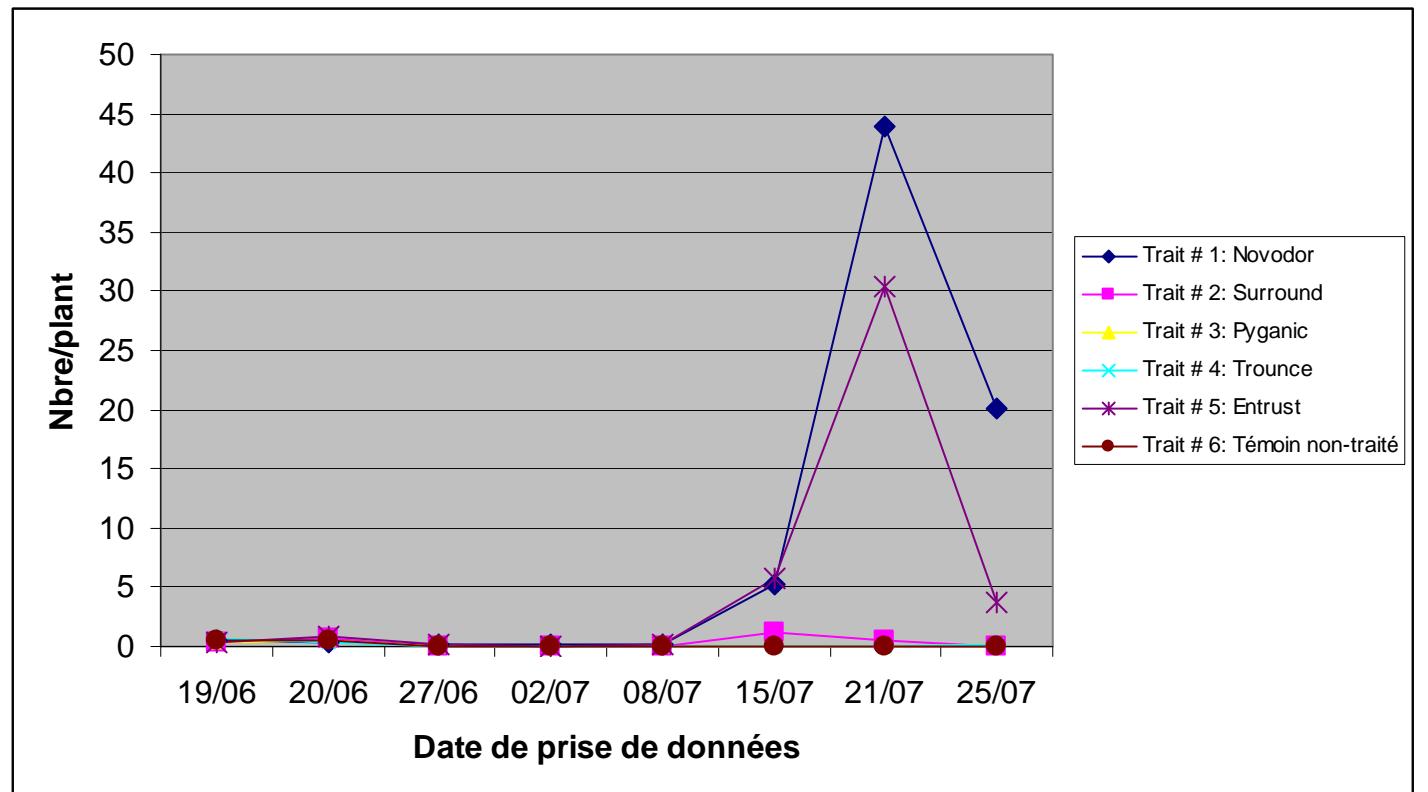
Annexe 6. Nombre total de larves de doryphores de la pomme de terre durant la saison 2008.

No	Traitement	19/06	20/06	27/06	02/07	08/07	15/07	21/07	25/07
1	Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176)	33,6 a*	15,5 bc	23,8 b	10,45 b	6,05 a	2,1 a	2,0 a	0,9 a
2	Surround® (kaolin)	32,8 a	31,3 a	57,35 a	45,25 a	8,25 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
3	Pyganic® (pyréthre naturel)	34,1 a	35 a	55,85 a	47,85 a	5,9 a	0,0 a	0,1 a	0,1 a
4	Trounce® (savon insecticide)	30,5 a	24,8 ab	56,8 a	44 a	4,65 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
5	Entrust® (spinosad)	32,3 a	12,45 c	10,6 b	4,3 b	3,3 a	0,3 a	0,0 a	0,0 a
6	Témoin non traité	29,4 a	31,5 a	48,63 a	46,8 a	8,5 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a

Pr > F	0,83	0,0045	<.0001	<.0001	0,4604	0,6904	0,742	0,523
CV	29,12	31,49	24,86	15,80	66,68	189,56	151,38	197,33

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 7. Évolution du nombre moyen d'adultes de doryphores de la pomme de terre durant la saison 2008.



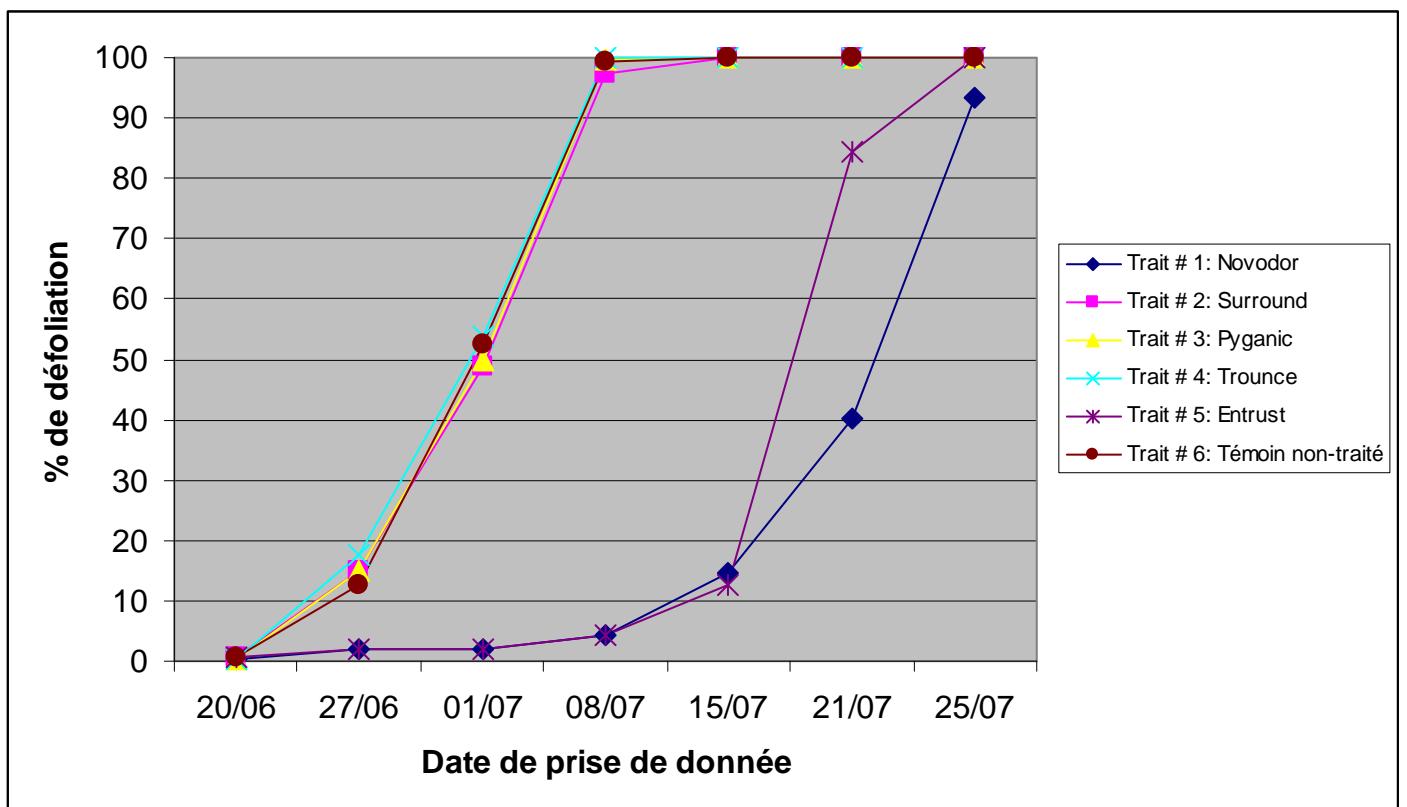
Annexe 8. Nombre moyen d'adultes de doryphores de la pomme de terre durant la saison 2008.

No	Traitement	19/06	20/06	27/06	02/07	08/07	15/07	21/07	25/07
1	Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176)	0,55 a*	0,35 a	0,15 ab	0,15 a	0,1 ab	5,2 a	43,9 a	20,15 a
2	Surround® (kaolin)	0,3 a	0,6 a	0,05 bc	0 a	0 b	1,1 b	0,5 b	0 c
3	Pyganic® (pyréthre naturel)	0,3 a	0,45 a	0 c	0 a	0 b	0 b	0 b	0,2 c
4	Trounce® (savon insecticide)	0,6 a	0,3 a	0 c	0 a	0 b	0 b	0 b	0,2 c
5	Entrust® (spinosad)	0,4 a	0,85 a	0,2 a	0,05 a	0,25 a	5,7 a	30,35 a	3,7 b
6	Témoin non traité	0,45 a	0,45 a	0 c	0 a	0 b	0 b	0 b	0 c

Pr > F		0,497	0,3246	0,0237	0,1087	0,0235	0,0169	<.0001	<.0001
CV		45,02	70,805	137,84	244,95	183,39	32,12	89,56	71,97

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 9. Évolution du pourcentage de défoliation des plants de pommes de terre durant la saison 2008.



Annexe 10. Pourcentage de défoliation des plants de pommes de terre durant la saison 2008.

No	Traitement	20/06	27/06	01/07	08/07	15/07	21/07	25/07
1	Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176)	0,25 a*	2 c	2 b	4,25 b	14,75 b	40,25 b	93,25 b
2	Surround® (kaolin)	0,50 a	15 ab	48,75 a	97,25 a	100 a	100 a	100 a
3	Pyganic® (pyréthre naturel)	0,25 a	15 ab	50 a	99,75 a	100 a	100 a	100 a
4	Trounce® (savon insecticide)	0,25 a	17,5 a	53,75 a	100 a	100 a	100 a	100 a
5	Entrust® (spinosad)	0,5 a	2 c	2 b	4,25 b	12,75 b	84,25 a	100 a
6	Témoin non traité	0,5 a	12,5 b	52,5 a	99,5 a	100 a	100 a	100 a

Pr > F	0,421	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,0227
CV	42,89	13,11	7,26	3,281	5,87	9,18	1,48

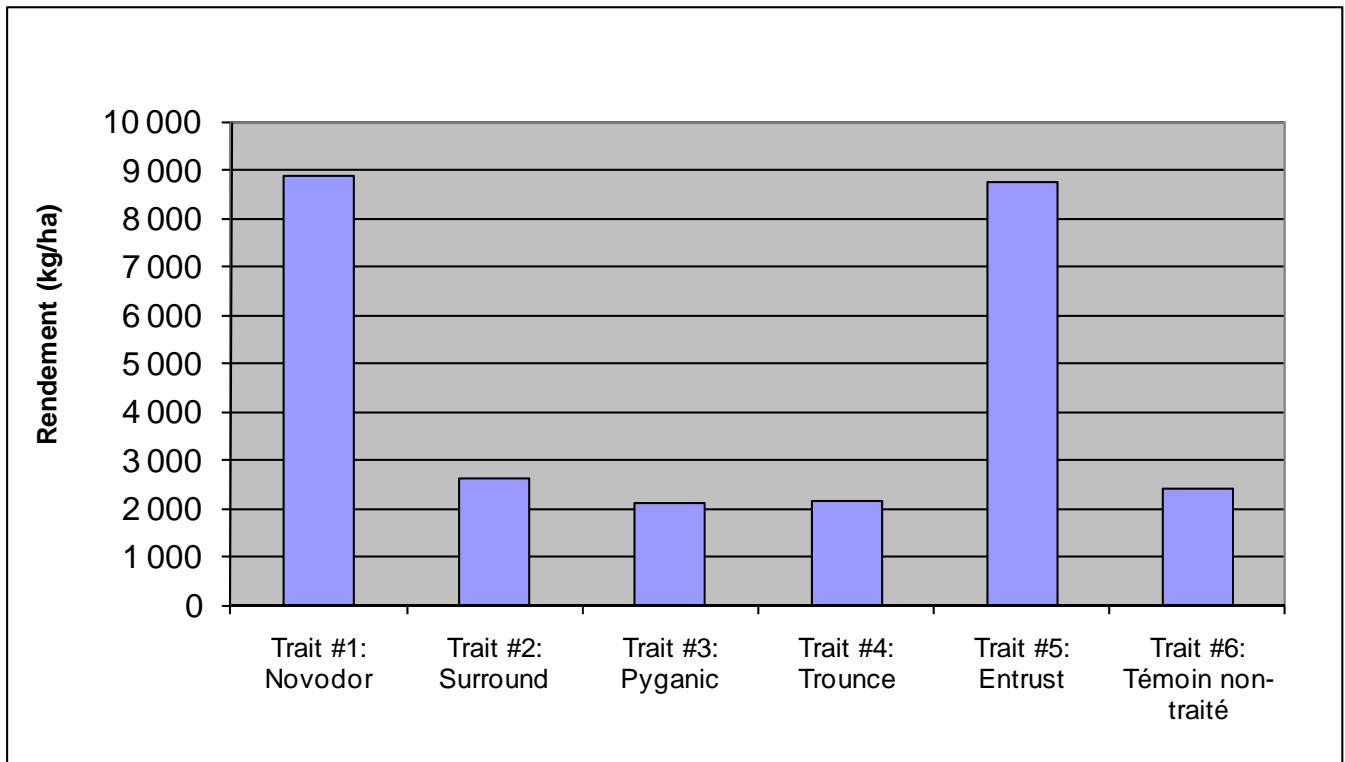
* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 11. Rendement en pomme de terre (Kg/ha) dans chacun des traitements en 2008.

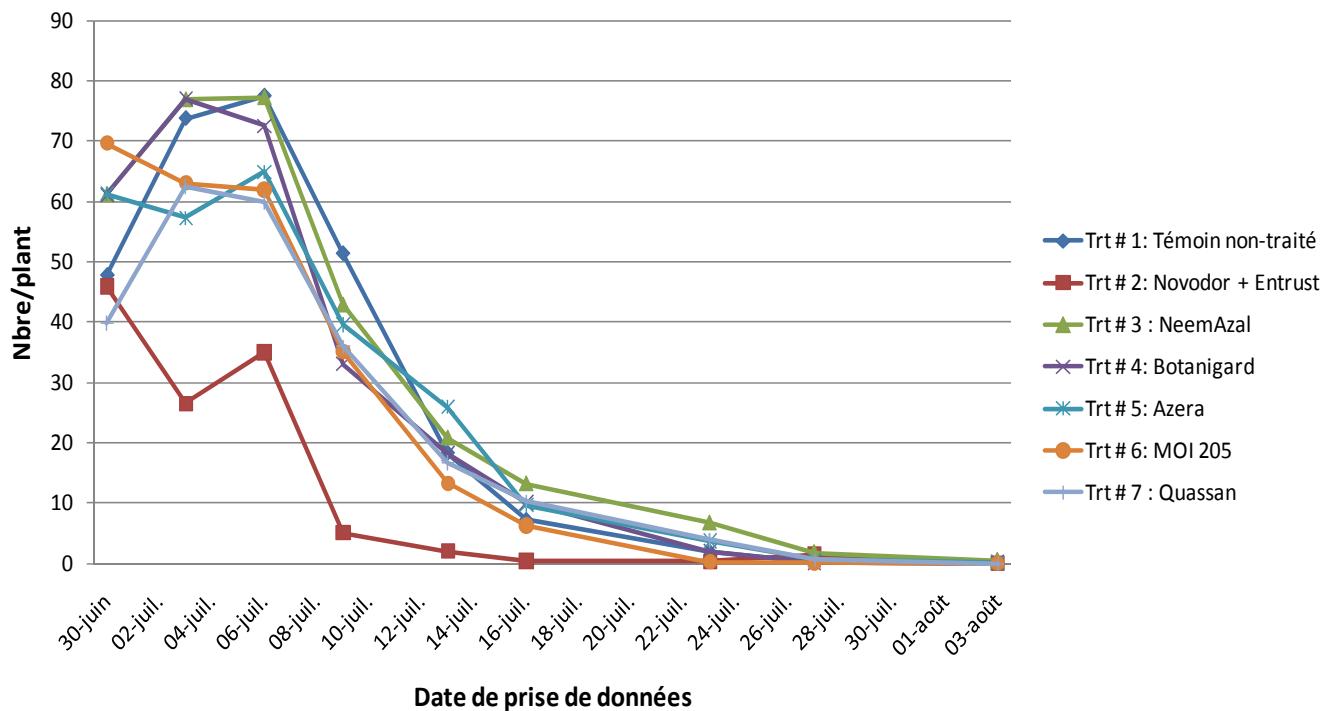
No	Traitement	Calibre : petit < 45 mm (kg/ha)	Calibre : Moyen 45 to 75 mm (Kg/ha)	Calibre: Gros 75 mm and more (Kg/ha)	Rendement Total (Kg/ha)
1	Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176)	1 820,83 a*	6 945,83 a	104,17 ab	8 870,83 a
2	Surround® (kaolin)	1 879,17 a	754,17 b	0,00 b	2 633,33 b
3	Pyganic® (pyréthre naturel)	1 650,00 a	462,50 b	0,00 b	2 112,50 b
4	Trounce® (savon insecticide)	1 779,17 a	387,50 b	0,00 b	2 166,67 b
5	Entrust® (spinosad)	2 075,00 a	6 491,67 a	175,00 a	8 741,67 a
6	Témoin non traité	1 770,83 a	633,33 b	0,00 b	2 404,17 b
Pr > F		0,5097	<.0001	0,0154	<.0001
CV		16,44	40,40	158,40	24,41

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 12. Rendement total en pomme de terre (Kg/ha) en 2008.



Annexe 13. Évolution du nombre moyen de larves de doryphores de la pomme de terre de stade 1 & 2 durant la saison 2009.



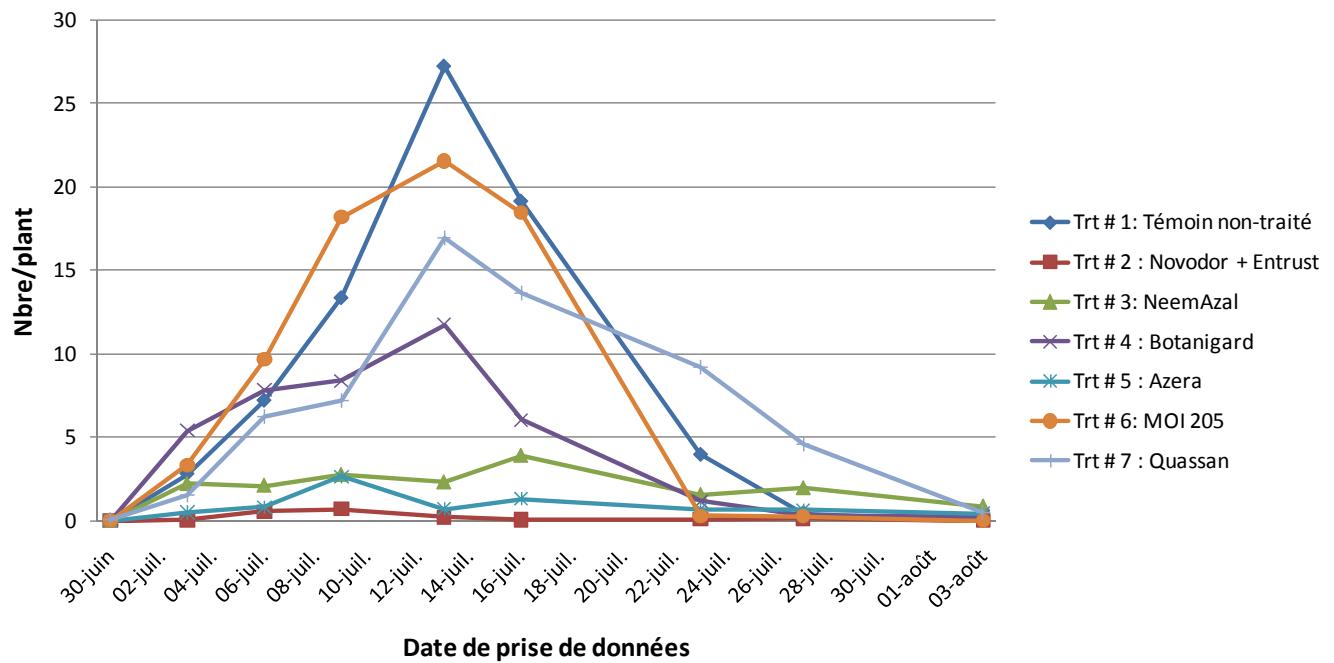
Annexe 14. Nombre moyen de larves de doryphores de la pomme de terre de stade 1 & 2 durant la saison 2009.

No	Traitement	30/06	03/07	06/07	09/07	13/07	16/07	23/07	27/07	03/08
1	Témoin non traité (aucun traitement)	47,7 a*	73,7 a	77,4 a	51,3 a	18,25 bc	7,15 b	1,9 bc	0,25 a	0 b
2	Témoin commercial : Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176) + Entrust® (spinosad). (en alternance)	45,95 a	26,55 b	35 b	5,05 c	2,05 d	0,45 c	0,35 c	1,4 a	0,05 b
3	NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC	61,15 a	76,9 a	77,25 a	42,85 ab	20,8 ab	13,2 a	6,7 a	1,8 a	0,5 a
4	Botanigard® (<i>Beauveria bassiana</i> , souche GHA)	61,05 a	77 a	72,5 a	33,05 b	18,2 bc	10,05 ab	2 bc	0,15 a	0,15 b
5	Azera (pyréthre + azadirachtine)	61,25 a	57,25 a	64,9 a	39,55 b	25,9 a	9,65 ab	3,75 ab	0,6 a	0,05 b
6	MOI 205 (extrait de plante)	69,65 a	63,05 a	61,95 a	35,05 b	13,25 c	6,25 bc	0,25 c	0,1 a	0 b
7	Quassan® (<i>Quassia amer</i>)	39,8 a	62,45 a	59,85 a	35,9 b	16,7 bc	10,25 ab	3,9 ab	0,55 a	0 b

Pr > F	0,1072	0,0068	0,0102	<.0001	<.0001	0,0047	0,0022	0,3135	0,0261
CV	27,03	27,00	22,89	21,82	29,33	46,04	72,43	167,61	189,61

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 15. Évolution du nombre moyen de larves de doryphores de la pomme de terre de stade 3 & 4 durant la saison 2009.



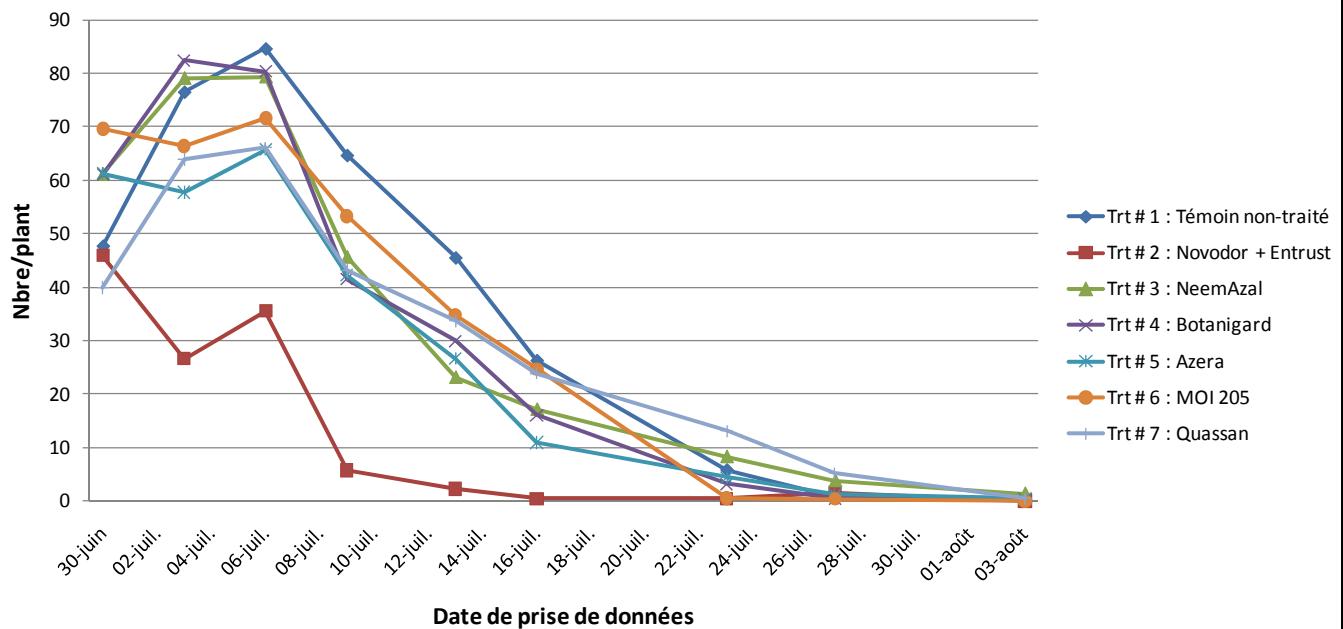
Annexe 16. Nombre moyen de larves de doryphores de la pomme de terre de stade 3 & 4 durant la saison 2009.

No	Traitement	30/06	03/07	06/07	09/07	13/07	16/07	23/07	27/07	03/08
1	Témoin non traité (aucun traitement)	0 a*	2,8 a	7,2 ab	13,35 b	27,25 a	19,15 a	3,95 b	0,45 bc	0 a
2	Témoin commercial : Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176) + Entrust® (spinosad). (en alternance)	0 a	0,05 a	0,55 c	0,7 d	0,2 d	0,05 c	0,1 c	0,15 c	0 a
3	NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC	0 a	2,2 a	2,1 bc	2,75 d	2,3 d	3,9 bc	1,55 bc	1,95 b	0,85 a
4	Botanigard® (<i>Beauveria bassiana</i> , souche GHA)	0 a	5,4 a	7,85 ab	8,4 c	11,75 c	6,05 b	1,15 bc	0,35 bc	0,25 a
5	Azera (pyréthre + azadirachtine)	0 a	0,5 a	0,8 c	2,65 d	0,7 d	1,3 bc	0,7 bc	0,65 bc	0,4 a
6	MOI 205 (extrait de plante)	0 a	3,35 a	9,65 a	18,2 a	21,55 b	18,45 a	0,3 c	0,25 c	0 a
7	Quassan® (<i>Quassia amer</i>)	0,1 a	1,5 a	6,25 abc	7,2 c	16,95 b	13,65 a	9,2 a	4,6 a	0,5 a

Pr > F	0,4552	0,2318	0,0111	<.0001	<.0001	<.0001	0,0005	0,0003	0,0576
CV	529,15	131,44	75,96	33,37	29,85	45,79	100,99	96,7	141,31

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 17. Évolution du nombre total de larves de doryphores de la pomme de terre durant la saison 2009.



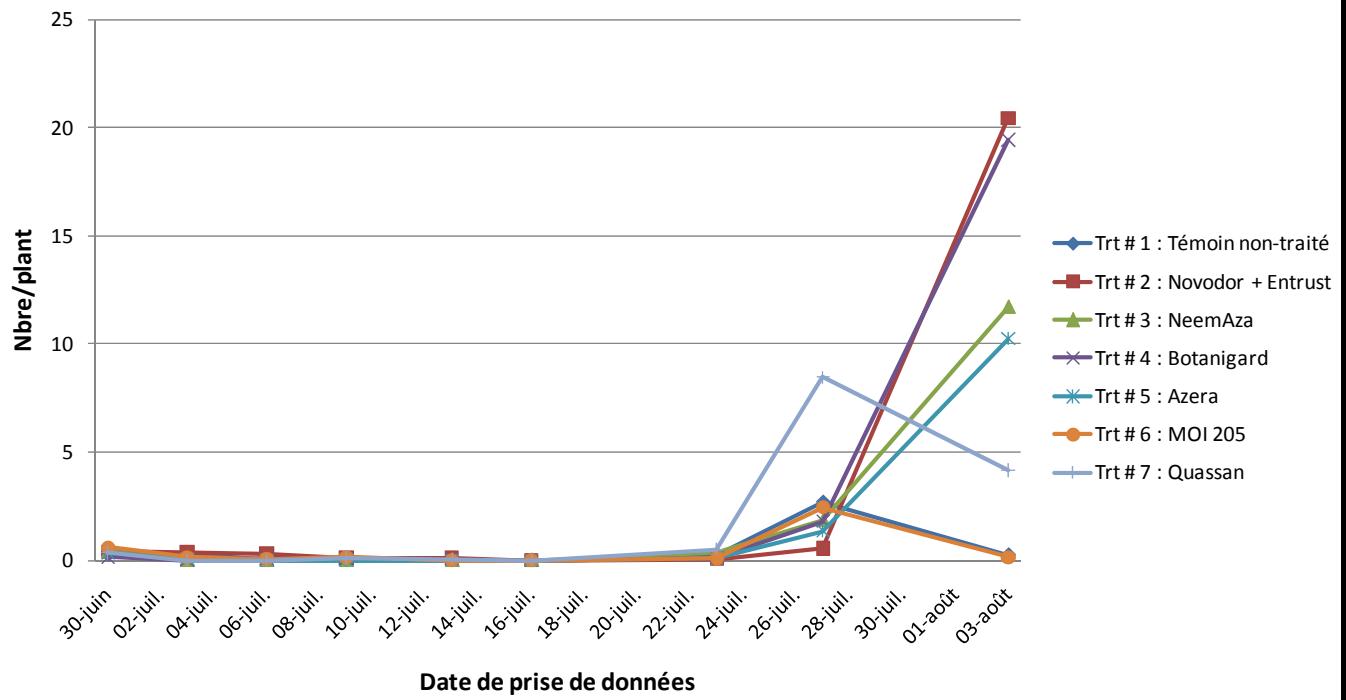
Annexe 18. Nombre total de larves de doryphores de la pomme de terre durant la saison 2009.

No	Traitement	30/06	03/07	06/07	09/07	13/07	16/07	23/07	27/07	03/08
1	Témoin non traité (aucun traitement)	47,7 a*	76,5 a	84,6 a	64,65 a	45,5 a	26,3 a	5,85 bc	0,7 c	0 b
2	Témoin commercial : Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176) + Entrust® (spinosad). (en alternance)	45,95 a	26,6 b	35,55 b	5,75 d	2,25 e	0,5 d	0,45 d	1,55 bc	0,05 b
3	NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC	61,15 a	79,1 a	79,35 a	45,6 bc	23,1 d	17,1 abc	8,25 ab	3,75 ab	1,35 a
4	Botanigard® (<i>Beauveria bassiana</i> , souche GHA)	61,05 a	82,4 a	80,35 a	41,45 c	29,95 bcd	16,1 bc	3,15 cd	0,5 c	0,4 b
5	Azera (pyréthre + azadirachtine)	61,25 a	57,75 a	65,7 a	42,2 c	26,6 cd	10,95 c	4,45 bcd	1,25 bc	0,45 b
6	MOI 205 (extrait de plante)	69,65 a	66,4 a	71,6 a	53,25 b	34,8 b	24,7 ab	0,55 d	0,35 c	0 b
7	Quassan® (<i>Quassia amer</i>)	39,9 a	63,95 a	66,1 a	43,1 bc	33,65 bc	23,9 ab	13,1 a	5,15 a	0,5 b

Pr > F	0,1080	0,0034	0,0045	<.0001	<.0001	0,0003	0,0006	0,0115	0,0188
CV	26,99	26,13	21,85	18,00	20,50	37,79	66,48	98,67	130,19

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 19. Évolution du nombre moyen d'adultes de doryphores de la pomme de terre durant la saison 2009.

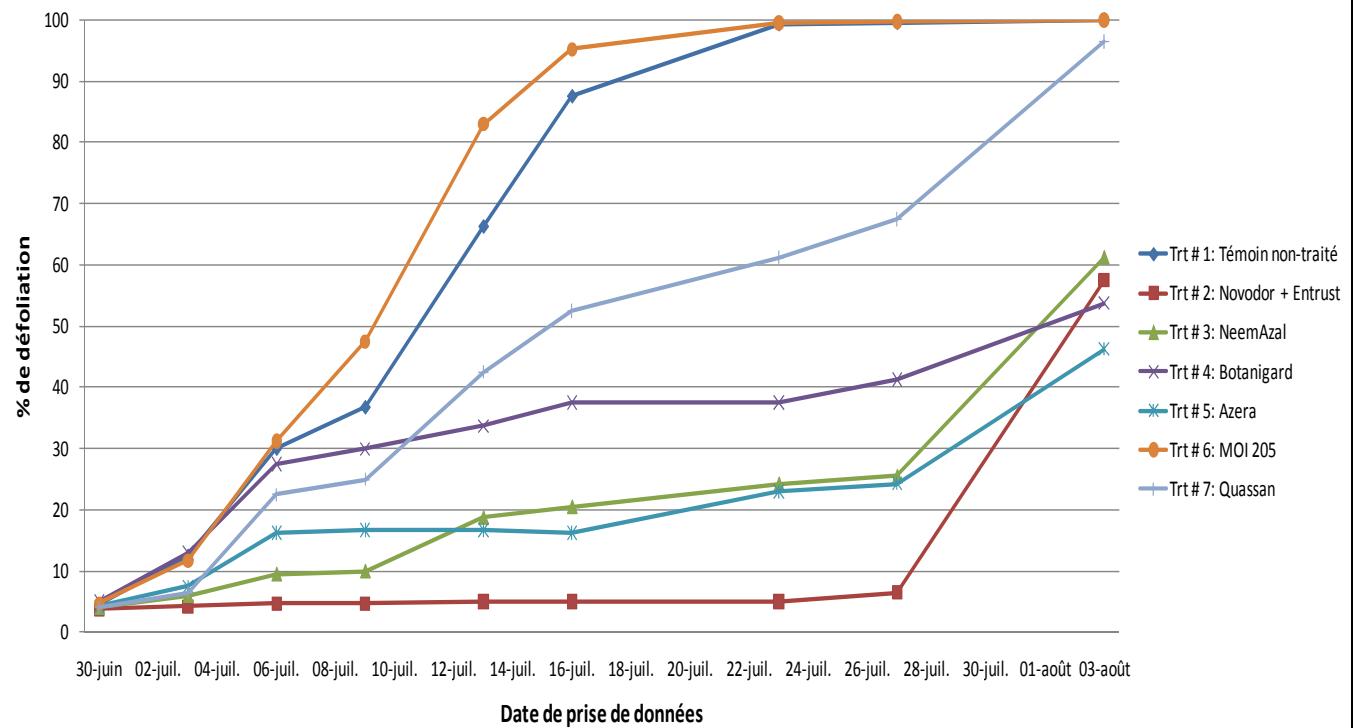


Annexe 20. Nombre moyen d'adultes de doryphores de la pomme de terre durant la saison 2009.

No	Traitement	30/06	03/07	06/07	09/07	13/07	16/07	23/07	27/07	03/08
1	Témoin non traité (aucun traitement)	0,25 a*	0,3 a	0,05 a	0 a	0 a	0 a	0,2 a	2,7 b	0,25 d
2	Témoin commercial : Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176) + Entrust® (spinosad). (en alternance)	0,4 a	0,35 a	0,3 a	0,1 a	0,1 a	0 a	0,05 a	0,55 b	20,45 a
3	NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC	0,4 a	0 b	0 a	0 a	0 a	0 a	0,35 a	1,85 b	11,7 bc
4	Botanigard® (<i>Beauveria bassiana</i> , souche GHA)	0,15 a	0 b	0,1 a	0,1 a	0,05 a	0 a	0,1 a	1,8 b	19,45 ab
5	Azera (pyréthre + azadirachtine)	0,35 a	0,05 b	0 a	0 a	0 a	0 a	0,1 a	1,35 b	10,25 c
6	MOI 205 (extrait de plante)	0,6 a	0,15 ab	0,05 a	0,15 a	0 a	0 a	0,1 a	2,45 b	0,15 d
7	Quassan® (<i>Quassia amer</i>)	0,35 a	0 b	0 a	0,1 a	0,05 a	0 a	0,5 a	8,45 a	4,15 cd
Pr > F		0,7202	0,0086	0,1973	0,3267	0,2524	-	0,4207	0,0008	0,0001
CV		100,28	120,99	235,98	174,19	229,13	-	160,97	74,72	59,16

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 21. Évolution du pourcentage de défoliation des plants de pommes de terre durant la saison 2009.



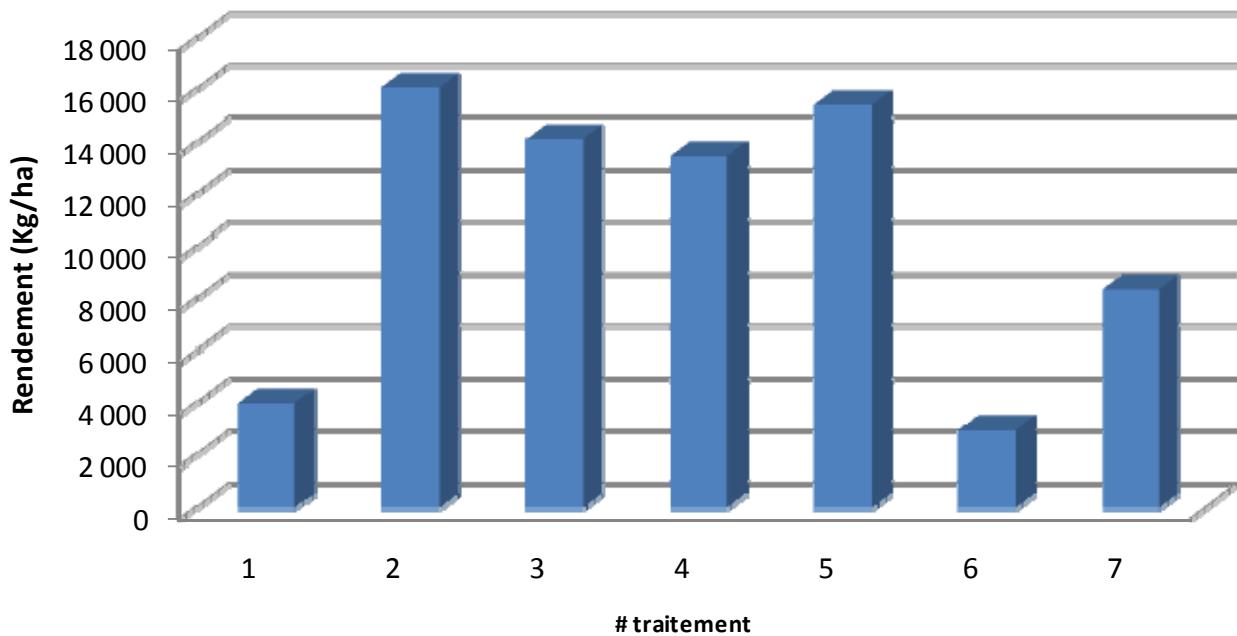
Annexe 22. Pourcentage de défoliation des plants de pommes de terre durant la saison 2009.

No	Traitement	30/06	03/07	06/07	09/07	13/07	16/07	23/07	27/07	03/08
1	Témoin non traité (aucun traitement)	4,5 a*	12,5 a	30 ab	36,75 b	66,25 b	87,5 a	99,25 a	99,5 a	100 a
2	Témoin commercial : Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176) + Entrust® (spinosad). (en alternance)	3,75 a	4,25 b	4,75 e	4,75 f	5 e	5 e	5 e	6,5 e	57,5 bc
3	NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC	4 a	6 b	9,5 de	10 ef	18,75 d	20,5 d	24,25 d	25,5 d	61,25 b
4	Botanigard® (<i>Beauveria bassiana</i> , souche GHA)	5 a	13 a	27,5 ab	30 bc	33,75 c	37,5 c	37,5 c	41,25 c	53,75 bc
5	Azera (pyréthre + azadirachtine)	4,25 a	7,5 b	16,25 cd	16,75 de	16,75 d	16,25 de	23 d	24,25 d	46,25 c
6	MOI 205 (extrait de plante)	4,75 a	11,75 a	31,25 a	47,5 a	83 a	95,25 a	99,5 a	99,75 a	100 a
7	Quassan® (<i>Quassia amer</i>)	4 a	6,5 b	22,5 bc	25 cd	42,5 c	52,5 b	61,25 b	67,5 b	96,5 a

Pr > F	0,7892	0,0007	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
CV	29,01	31,06	30,11	25,65	20,49	17,62	14,73	14,22	13,11

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).

Annexe 23. Rendement total en pomme de terre (Kg/ha) en 2009.



Annexe 24. Rendement en pomme de terre (Kg/ha) dans chacun des traitements en 2009.

No	Traitement	Calibre : petit < 45 mm (kg/ha)	Calibre : Moyen 45 to 75 mm (Kg/ha)	Calibre: Gros 75 mm and more (Kg/ha)	Rendement Total (Kg/ha)
1	Témoin non traité (aucun traitement)	2 708,33 a*	1 270,83 c	29,17 c	4 008,33 d
2	Témoin commercial : Novodor® (<i>Bacillus thuringiensis</i> sous-espèce <i>tenebrionis</i> , type HB 176) + Entrust® (spinosad). (en alternance)	1 908,33 a	12 158,33 a	2 016,67 a	16 083,33 a
3	NeemAzal (azadirachtine) 1,2 % EC	2 295,83 a	11 212,50 a	633,33 bc	14 141,67 ab
4	Botanigard® (<i>Beauveria bassiana</i> , souche GHA)	2 404,17 a	10 504,17 a	575,00 bc	13 483,33 b
5	Azera (pyréthre + azadirachtine)	2 291,67 a	12 100 a	1 020,83 b	15 412,50 ab
6	MOI 205 (extrait de plante)	2 458,33 a	512,50 c	0,00 c	2 970,83 d
7	Quassan® (<i>Quassia amer</i>)	2 970,83 a	5 129,17 b	272,92 bc	8 372,92 c

Pr > F	0,4733	<.0001	0,0005	<.0001
CV	28,11	20,58	80,38	15,66

* Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes avec le test de t (LSD) au seuil de probabilité de 5 % ($\alpha = 0,05$).