

Potentiel d'efficacité de l'appât insecticide GF-120 NF Naturalyte comme outil de lutte biologique contre la mouche du chou dans les cultures de crucifères biologiques.

Projet 12-INNO1-10 – Rapport final - février 2016

Vincent Myrand agr. M. Sc., Jacinthe Tremblay biol. M. Sc et Pierre Lafontaine agr. Ph. D.

12-INNO1-10

Durée : 09/2013 – 02/2016

FAITS SAILLANTS

La mouche du chou, *Delia radicum* (Anthomyiidae), est un diptère ravageur important des cultures de crucifères. Les adultes sont de petites mouches qui pondent leurs œufs à proximité des plantules de crucifères dans les interstices du sol. Ce sont les larves émergeant de ces œufs qui causent les dommages en s'alimentant sur les racines des plantes hôtes. Ce ravageur cause bien des soucis aux producteurs maraîchers biologiques, eux qui ont principalement recours à des filets d'exclusion des insectes pour y faire face.

L'utilisation d'appâts insecticides à base de spinosad est une approche qui a fait ses preuves afin de contrôler les populations et les dommages causés par diverses mouches de la famille des Tephritidae dans les vergers. Nous proposons donc de développer une stratégie de lutte similaire, à l'aide de l'appât insecticide à base de spinosad GF-120 NF Naturalyte, permettant de contrôler les mouches du chou adultes avec l'objectif de réduire la ponte et les dommages causés par les larves dans les cultures de crucifères cultivées en régie biologique.

OBJECTIFS

L'objectif du projet est donc d'évaluer le potentiel de l'appât insecticide à base de spinosad GF-120 NF Naturalyte à contrôler la mouche du chou adulte, dans le but de réduire la ponte et les dommages aux racines des productions de crucifères cultivées en régie biologique. Les sous-objectifs sont :

1. Déterminer l'attractivité du GF-120 NF Naturalyte envers la mouche du chou.
2. Évaluer la mortalité de la mouche du chou suite à l'ingestion du GF-120 NF Naturalyte.
3. Évaluer l'efficacité du GF-120 NF Naturalyte à contrôler les dommages causés par la mouche du chou dans les cultures de crucifères biologiques.

EXPÉRIENCES DE LABORATOIRE

MÉTHODOLOGIE

Dans un premier temps, nous avons mis en route un élevage de la mouche du chou en conditions de laboratoire à compter de septembre 2013. Les pupes ayant permis de démarrer l'élevage ont été fournies par M. Guy Boivin Ph. D. du Centre de Recherche et de Développement en Horticulture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada situé à Saint-Jean sur Richelieu. L'élevage nécessite des opérations d'entretien à raison de deux fois par semaine et est actif depuis maintenant près de 2 ans. Les insectes sont hébergés dans des cages spécialement conçues à cet effet et soumis à une température de 22 °C, une humidité relative de 50-60 % et une luminosité de 16 heures par jour. Les cages contiennent une source d'eau et de nourriture (sucre et lait en poudre, levure nutritionnelle, farine de soya) ainsi qu'un dispositif de ponte permettant de recueillir les œufs pondus par les femelles. Les larves s'alimentent sur des rutabagas entiers. Lorsque les larves amorcent leur métamorphose, les pupes sont récupérées et réinsérées dans les cages d'élevage lors du début de l'émergence des adultes

Dans un second temps, des expériences de laboratoire ont été développées à compter de décembre 2013 et se sont poursuivies jusqu'en avril 2014. Des essais complémentaires ont également eu lieu entre janvier et mars 2015. Lors de l'élaboration de la demande de projet, nous avons prévu documenter l'attractivité du GF-120 NF Naturalyte (GF-120) envers la mouche du chou. L'attractivité devait être mesurée par le temps requis aux mouches pour entrer en contact avec le produit suite à l'application des gouttelettes sur des feuilles de radis (ou de brocoli). Par contre, les essais préliminaires nous ont permis de constater que le GF-120 semble avoir un faible pouvoir attractif envers *D. radicum*. Lors d'un de ces essais, des observations continues pendant deux heures n'avaient pas permis de visualiser des preuves d'alimentation de la part des mouches du chou (mâles et femelles) sur des gouttes de GF-120 diluées selon les recommandations du fabricant. Des preuves d'alimentation ont par la suite été observées et documentées, mais le temps requis pour que les mouches s'alimentent se mesurait en minutes, parfois en heures, si bien qu'il était impensable de documenter l'attractivité du GF-120 avec la méthode prévue au départ. Sur la base de ces observations, nous avons conclu que pour le moment nous ne serions pas en mesure de répondre précisément au sous-objectif #1 avec les ressources humaines et financières que nous disposions pour le projet.

Par contre, nous avons rapidement été en mesure de constater que suite à l'ingestion, le GF-120 s'avérait toxique pour les adultes de la mouche du chou. Les mouches ne semblent pas attirées outre mesure par le produit, mais lorsqu'elles sont à proximité, elles s'alimentent et meurent dans les 24 à 72 heures suivantes. Plusieurs essais et erreurs ont cependant été nécessaires afin de développer une méthodologie capable de produire des résultats fiables et répétables.

Pour la réalisation des expériences, des pots contenant chacun trois plants de brocolis ont été préparés et cultivés en serres. Une fine couche de sable a été rajoutée sur le dessus du terreau afin de faciliter le repérage des mouches mortes lors des décomptes de mortalité. Ces pots ont été insérés dans des cages conçues pour l'élevage des insectes (volume d'environ 1 pied cube) lorsque les plants avaient 3 vraies feuilles. Les cages contenaient également une boîte de Petri remplie de diète pour les mouches du chou adultes ainsi que deux contenants de plastique (Solo-Cup) rempli d'eau distillée remontant par capillarité dans un coton dentaire. Chaque cage comportait un traitement différent, appliqué sur les feuilles des plants de brocolis :

- **T1** Témoign non traité.
- **T2** GF-120 (dilution 1:5) appliqué à raison de deux gouttes par plant.
- **T3** GF-120 (dilution 1:33) appliqué à raison de deux gouttes par plant.

La dilution 1:5 correspond aux directives de mélange recommandées par le fabricant du GF-120 NF Naturalyte, soit 1,5 L/ha de produit pour un volume final de bouillie de 7,5 L/ha. La dilution 1:33 correspond à une bouillie plus diluée qui pourrait être appliquée avec un équipement de pulvérisation standard au taux de 50 L/ha.

Les traitements ont été appliqués à l'aide de micropipettes jetables de 2,5 ml produisant des gouttelettes d'environ 40 μ l. Dans chacune des cages, 20 mouches mâles et femelles confondues provenant de l'élevage ont été introduites suite à l'application des traitements. Les cages ont été exposées aux mêmes conditions que pour l'élevage de la colonie de mouches du chou. La mortalité des individus a été notée à 24, 48 et 72 heures après l'introduction. Les mouches mortes ont été récupérées lors des décomptes de mortalité et leur sexe a été identifié. L'alimentation des mouches adultes sur les gouttelettes de GF-120 a été documentée par des photographies (figure 1) et des enregistrements vidéo. L'expérience a été répétée sept fois dans le temps avec des cohortes de mouches différentes et des préparations de GF-120 distinctes. À quatre reprises, un 4^e traitement différent a été inclus en guise d'exploration.

- **T4 (répétition # 1)**
GF-120 (dilution 1:5) appliqué à raison de deux gouttes par plant, cinq jours avant l'introduction des mouches. Les plants ont été laissés dans la serre de production pendant ce délai, ce qui a permis aux gouttelettes de sécher.
- **T4 (répétition # 2)**
GF-120 (dilution 1:33) appliqué avec un petit pulvérisateur manuel sous forme de fines gouttelettes, volume approximatif de 2 ml.
- **T4 (répétition # 3)**
GF-120 (dilution 1:67) appliqué à raison de deux gouttes par plant. Cette dilution équivaut à la concentration équivalente à une bouillie appliquée au taux de 100 L/ha.
- **T4 (répétition # 7)**
GF-120 (dilution 1:5) + triéthylamine (concentration finale d'environ 5 %) appliqués à raison de deux gouttes par plant.

L'analyse des données a été effectuée à l'aide de la procédure GLM du logiciel R suivi d'un test de séparation des moyennes Waller-Duncan K-ratio.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Une fois la méthode d'essai éprouvée, il fut aisé de maintenir la mortalité dans le groupe témoin à un niveau adéquat. En fait, la mortalité totale (mâles et femelles confondus) dans ce groupe 72 heures suivant le début des expériences a été de seulement 8,5 % en moyenne, ce qui est excellent pour ce type

d'essai. Pour le traitement #2 (GF-120, dilution 1:5), la mortalité a atteint 14,9 % après 24 heures, pour culminer à 83,2 % 72 heures après le début de l'essai. La réponse des mouches au traitement #3 a suivi généralement la même tendance, avec une pointe de mortalité chiffrée à 68,6 % après 72 heures (figure 5).

Après 24 heures, la mortalité enregistrée pour les deux traitements de GF-120, bien que plus élevée, était statistiquement similaire à celle du témoin non traité ($P = 0,1945$). Les pourcentages de mortalité enregistrés pour les traitements #2 et #3 étaient plutôt faibles, mais ces chiffres ne tiennent pas compte des mouches moribondes. En effet, seules les mouches inertes suite à une stimulation à l'aide d'une pince entomologique étaient comptabilisées comme étant mortes. Par contre, la mortalité engendrée par les applications de GF-120 sur le feuillage s'est démarquée significativement de celle du témoin non traité après 48 heures ($P < 0,0001$). La mortalité entre les deux concentrations de GF-120 s'est toutefois avérée similaire selon le test de Waller-Duncan. Enfin, 72 heures après le début de l'expérience, la mortalité occasionnée par les applications de GF-120 était encore une fois supérieure à celle du témoin non traité ($P < 0,0001$). De plus, le GF-120 utilisé selon la recommandation du fabricant (dilution 1:5) a engendré un pourcentage de mortalité statistiquement supérieur à celui enregistré par la dilution 1:33. Ceci nous indique qu'il semble préférable d'appliquer le produit sous forme concentrée afin d'optimiser l'efficacité.

Si on s'attarde spécifiquement à la réponse des mouches mâles aux applications de GF-120, on s'aperçoit que la relation entre les traitements demeure exactement la même que pour l'ensemble des individus (figure 6). En ce qui concerne la réponse des mouches femelles, elle suit la même tendance hormis lors de la prise de données effectuée 72 heures après le début des expériences. En effet, les analyses statistiques n'ont pas démontré de différences significatives entre la mortalité des mouches femelles exposées aux deux concentrations de GF-120 (figure 7).

Pour ce qui est des traitements supplémentaires, il est intéressant de constater que la mortalité des mouches soumises aux gouttelettes suite à cinq jours de séchage a tout de même atteint 50 % après 72 heures. On peut donc présumer que le spinosad, la matière active contenue dans le GF-120, demeure efficace pendant un certain temps suite à l'application sur le feuillage. Ces données sont toutefois insuffisantes pour estimer la durabilité du produit lorsqu'il est appliqué en champ et donc soumis à des conditions climatologiques plus adverses que celles rencontrées dans une serre. Également, la mortalité des mouches soumises à des gouttelettes vaporisées avec un pulvérisateur manuel n'a été que de 19,1 % après 72 heures. Peut-être que la couverture ne fut pas adéquate ou que l'appétence des mouches pour le produit requiert des gouttelettes plus volumineuses. Aussi, la mortalité des mouches soumises à des gouttelettes issues d'une dilution 1:67 de GF-120 a tout de même été de 62 % après 72 heures. Ce résultat nous mène à penser que le GF-120 pourrait conserver une certaine efficacité en champ à des concentrations beaucoup plus faibles que celle recommandée par le fabricant du produit. Ceci pourrait faciliter grandement l'application à l'aide d'équipements de pulvérisation standard, mais pourrait du même coup diminuer la résistance du produit au lessivage. Enfin, l'ajout de triéthylamine dans la solution de GF120 (dilution 1:5) ne semble pas offrir un avantage, car la mortalité enregistrée par ce traitement 72 heures après le début de l'expérience a été de 63,2 %. Par contre, il faut considérer que ces quatre dernières expériences ont été réalisées qu'à une seule reprise et des expérimentations supplémentaires seraient nécessaires afin de confirmer ces observations.

ESSAIS AU CHAMP – SAISON 2014

MÉTHODOLOGIE

Dispositif et traitements comparés

Durant l'été 2014, un site d'essai a été mis en place à notre station expérimentale située à Lavaltrie sur un lot de terre (sable Saint-Thomas). Les essais se sont réalisés avec deux cultures, soit le brocoli (cv. Diplomat) et le rutabaga (cv. Laurentian Thompson), toutes deux cultivées en régie biologique. Les plantations se sont effectuées le 27 mai. Les apports en fertilisants se sont effectués à l'aide de fumier de poule granulé de type Acti-Sol. Le contrôle des chenilles défoliatrices a été réalisé avec des applications de préparation commerciale de *Btk*.

Les essais ont été établis avec un dispositif en bloc complet aléatoire, chacun des traitements ayant été répété quatre fois. Au total, chaque essai (culture) contenait donc 16 parcelles. Chaque parcelle était constituée de quatre rangs de 5 m de longueur espacés de 1 m pour une superficie de 20 m². Pour le brocoli, l'espacement entre les plants était de 30 cm, ce qui conférait une densité de 32 808 plants/ha et 64 plants dans chacune des parcelles. Pour le rutabaga, les plants étaient distancés les uns des autres de 12,5 cm, ce qui faisait en sorte que chaque parcelle contenait 160 plants, pour une densité de 80 000 plants/ha.

Pour chacune des cultures, il y avait quatre traitements mis à l'essai :

- **T1** Parcelles témoin non traité.
- **T2** Parcelles recouvertes d'un filet anti-insecte de type ProteckNet (60 gr/m²)
- **T3** Parcelles recevant des applications de GF-120, 1,5 L/ha, dilution 1:5.
- **T4** Parcelles recevant des applications de GF-120, 1,5 L/ha, dilution 1:33.

Les traitements de GF-120 ont été appliqués dès que l'activité de la mouche du chou a été détectée, soit le 30 mai. Cette détection a été réalisée par le biais de plaquettes collantes jaunes installées sur le site et par des dépistages pour la présence d'œufs au collet des plants. Les pulvérisations ont été réalisées avec un pistolet d'application (MeterJet spray gun, R&D sprayer, Opelousas, Louisianna, USA) (figure 2) munie d'une buse D2 sans divergeant opérant à une pression de 30 PSI. Ce pistolet est un instrument de précision nous permettant d'appliquer de très faibles volumes de bouillie de façon relativement constante, ce qui était requis dans le cadre de ces essais. En effet, c'est seulement 15 ml de bouillie qui devait être pulvérisé dans une parcelle pour le traitement # 3 alors que dans le cas du traitement # 4, le volume à appliquer était de 100 ml par parcelle. De plus, le fait d'utiliser les buses D2 sans le divergeant permettait d'obtenir des gouttelettes d'une grosseur adéquate, avec un diamètre se situant entre 4 et 6 mm comme recommandé.

Les applications se sont poursuivies avec un intervalle d'environ 7 jours. Les applications étaient devancées de quelques jours, dans la mesure du possible, si des précipitations étaient enregistrées sur le site d'essai depuis la dernière application. La figure 8 montre l'évolution des précipitations en cours de saison et les moments où les applications de GF-120 se sont effectuées. Les parcelles cultivées en brocoli ont reçu un total de quatre applications des traitements, la dernière ayant été effectuée le 26 juin. À cette date, les plants étaient considérés assez développés pour pouvoir supporter les dommages causés

par les larves de la mouche du chou et il a été convenu d'arrêter les traitements. Pour le rutabaga, la dernière application a été effectuée le 29 juillet et les parcelles ont donc reçu un total de 9 applications. Les traitements se sont poursuivis sur une plus longue période, car cette culture est sensible à la mouche du chou tout au long de sa croissance.

Données recueillies en cours de saison

Des décomptes d'œufs de la mouche du chou ont été réalisés à deux reprises, soit le 4 et le 18 juin. Ceci a été effectué en observant minutieusement le collet de 10 plants par parcelles (donc 160 plants par culture), sélectionnés aléatoirement, et en comptant le nombre d'œufs retrouvés. Seules les données cumulatives des deux prises de données ont fait l'objet d'analyses statistiques. Plus spécifiquement, ce sont le nombre total d'œufs par parcelle et le pourcentage (%) de plants porteurs d'œufs par parcelle qui ont été analysés.

L'activité des mouches du chou adultes a également été surveillée par le biais de plaquettes collantes jaunes installées sur le site. Tout au long du déroulement de l'essai, un suivi rigoureux des parcelles a été effectué afin de détecter des preuves d'alimentation de la part des mouches du chou sur les gouttelettes de GF-120 présentes sur le feuillage (figures 14a et 14 b). Également, une attention particulière a été portée afin de suivre le comportement des gouttelettes sur le feuillage lors du séchage et de détecter la présence de signes de phytotoxicité.

Récolte du brocoli

Les récoltes de brocolis ont débuté le 30 juillet et se sont effectuées à trois autres reprises, soit le 1^{er}, le 6 et le 8 août. Elles se sont effectuées sur les deux rangs centraux des parcelles, en excluant les plants situés aux deux extrémités de chaque rang. Les brocolis étaient récoltés selon les critères recherchés pour le marché frais, c'est-à-dire lorsque les inflorescences sont encore fermes et que les fleurons sont bien serrés. Le diamètre visé des inflorescences était de 10 à 15 cm. Les brocolis récoltés étaient comptés, pesés et classés dans la catégorie commercialisable ou non commercialisable (causes de rejet : trop mature, dommages d'insectes autres que la mouche du chou). Lors de la dernière récolte, tous les brocolis ayant un diamètre inférieur à 7,5 cm ont été considérés comme étant non commercialisables. Les données ayant fait l'objet d'analyses statistiques sont le nombre de jours moyens requis pour la récolte depuis la plantation, le pourcentage (%) de brocolis commercialisable, le poids total (kg) récolté par parcelle et le poids moyen (g) par brocoli.

À chacune des récoltes, les plants cueillis étaient arrachés du sol et leur système racinaire était prélevé à partir du collet. Ces racines ont été lavées et ont ensuite été observées pour évaluer la présence et l'intensité des dommages causés par les larves de la mouche du chou (figure 3). L'évaluation des dommages a été réalisée sur la racine principale en se servant de l'échelle d'appréciation suivante :

0. Aucun dommage de larves de la mouche du chou.
1. Moins de 10 % de la superficie racinaire présentant des dommages.
2. De 11 à 25 % de la superficie racinaire présentant des dommages.
3. De 26 à 50 % de la superficie racinaire présentant des dommages.
4. De 51 à 75 % de la superficie racinaire présentant des dommages.
5. De 76 à 100 % de la superficie racinaire présentant des dommages.

Les données ayant fait l'objet d'analyses statistiques sont le pourcentage (%) de plants dans chacune des catégories d'indice de dommages et l'indice de dommage moyen.

Récolte du rutabaga

La récolte des rutabagas s'est effectuée le 4 août en prélevant l'ensemble des rutabagas présents sur deux sections de 3 m dans les deux rangs centraux des parcelles. Les rutabagas ont été lavés et ont ensuite fait l'objet d'une évaluation pour détecter la présence et l'intensité des dommages causés par les larves de la mouche du chou (figure 4). L'appréciation des dommages a été réalisée en se servant de la même échelle d'évaluation que pour le brocoli. Le nombre et le poids des rutabagas dans chacune des catégories ont été consignés. De plus, les rutabagas ont également été classés en commercialisable ou non, selon la gravité et l'emplacement des dommages d'alimentation causés par les larves de la mouche du chou. Les rutabagas étaient considérés non commercialisables si les dommages n'étaient pas retirables par parage, donc situés dans la portion supérieure des rutabagas, ou s'ils étaient insuffisamment cicatrisés selon les exigences des marchés. Le nombre et le poids des rutabagas commercialisables ont été notés. Les données ayant fait l'objet d'analyses statistiques sont le pourcentage (%) de rutabagas dans chacune des catégories de dommages, l'indice de dommage moyen, le poids total récolté par parcelle (kg), de même que le pourcentage (%) et le poids (kg) des rutabagas commercialisables.

Analyse statistique

L'analyse des données a été effectuée à l'aide de la procédure GLM du logiciel R suivi d'un test de séparation des moyennes Waller-Duncan K-ratio.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CULTURE DU BROCOLI

Décompte des œufs

Dans l'essai portant sur le brocoli, on peut constater à la figure 9 que le pourcentage de plants porteurs d'œufs (31,25 %) pour le traitement #4 (parcelles traitées avec la dilution 1:33 du GF-120) s'est avéré statistiquement supérieur au pourcentage obtenu dans les parcelles non traitées (13,75 %). Le pourcentage de plants porteurs observé dans les parcelles traitées avec la dilution 1:5 du GF-120 (20,0 %) est similaire aux pourcentages obtenus pour les traitements #1 et #4. Ces résultats sont appuyés par le fait que le nombre total d'œufs a été significativement supérieur dans les parcelles recevant le traitement #4 (15 œufs) comparativement aux parcelles non traitées (5,5 œufs) (figure 10). Pour le traitement #3, le nombre total d'œufs dans les parcelles (11,5 œufs) ne diffère pas de façon statistique des nombres d'œufs obtenus dans les parcelles des traitements #1 et #4.

Domages aux racines

C'est dans les parcelles sous filets anti-insecte que le pourcentage de racines de brocolis exemptes de dommages de la mouche du chou a été le plus élevé (82,51 %). Tous les autres traitements mis à l'étude ont obtenu un pourcentage de racines sans dommage (25,39 à 34,61 %) significativement plus faible que celui enregistré par les parcelles sous filets. Aucune différence significative ne s'est toutefois manifestée entre les parcelles témoins et les parcelles recevant les applications de GF-120 (figure 12).

Étonnamment, 17,49 % des racines examinées en provenance du traitement #2 (sous filet) présentaient quand même des dommages sur moins de 10 % de leur superficie (indice #1), et ce malgré la présence d'une barrière physique censée empêcher les mouches d'avoir accès aux plants. Par contre, des diptères s'apparentant au genre *Delia* ont été aperçus sous les filets pendant les premières semaines de

croissance. Nous croyons que ces mouches ont émergé sous les filets au printemps et qu'elles sont demeurées prisonnières. Malgré que leur survie ait probablement été très courte due à l'absence de source de nourriture, il se peut que les mouches femelles aient eu le temps de pondre quelques œufs au collet des plants. Également, il est possible que des mouches se soient infiltrées sous les filets lors des opérations nécessitant leur retrait temporaire, comme le désherbage et l'application d'engrais. Ces hypothèses permettent d'expliquer la présence de faibles dommages causés par les larves de *D. radicum* sur les racines des plants cultivés sous filet.

Le pourcentage de racines présentant des dommages d'indice #1 dans les parcelles sous filets (17,49 %) s'est avéré faible, mais la variabilité observée d'une parcelle à l'autre fait en sorte que les différences ne sont pas significatives ($P = 0,0516$), et ce malgré que la valeur obtenue dans les parcelles non traitées soit près de trois fois supérieure (51,21 %). Aussi, les racines des brocolis cultivés sous les filets anti-insecte ne présentaient pas de dommages recouvrant plus de 10 % de leur superficie racinaire. Par contre, dans les parcelles recevant les applications de GF-120, la proportion de racines présentant des indices de dommages de catégorie #2 était similaire à celle retrouvée dans les parcelles non traitées (16,84 %). Aucune différence significative ne s'est manifestée entre les traitements en regard du pourcentage de racines présentant des dommages de la mouche du chou sur 26 à 50 % de la superficie racinaire (indice #3) (figure 12).

Enfin, l'indice de dommage moyen est significativement plus faible dans les parcelles cultivées sous filet anti-insecte (0,17) alors qu'il est à son maximum dans les parcelles témoin non traité (1,05). L'indice de dommage moyen obtenu pour les brocolis recevant la dilution 1:5 du GF-120 (0,88) est statistiquement inférieur à l'indice obtenu dans les parcelles témoin non traité. Cet indice est toutefois similaire à celui obtenu dans les parcelles recevant le GF-120 sous forme plus diluée (0,95) (figure 11).

Sur la base de ces résultats, on peut supposer que le GF-120, appliqué selon les recommandations du fabricant, semble offrir une très légère réduction des dommages comparativement aux dommages observés dans les parcelles non traitées. Par contre, le niveau de contrôle offert est largement inférieur à celui prodigué par l'utilisation des filets anti-insectes.

Rendements

Concernant les rendements obtenus dans la culture du brocoli, les tests statistiques n'ont démontré aucune différence significative en ce qui a trait aux quatre variables analysées. Les plants de brocolis cultivés sous filet anti-insecte ne semblent pas avoir profité d'un avantage quelconque. Le nombre de jours moyens requis entre la plantation et la récolte a oscillé entre 68,2 jours (parcelles avec filet anti-insecte) et 70,4 jours (témoin non traité) (Tableau 1). Le nombre de brocolis récoltés et le rendement commercialisable dans les parcelles sous filet semblaient supérieurs lors des premières récoltes, mais au final, aucune différence significative ne s'est manifestée.

Les dégâts causés par les larves de la mouche du chou sont en mesure d'entraver la croissance des plants de brocoli. En théorie, les plants issus des parcelles non traitées auraient donc pu exiger davantage de jours avant que leur inflorescence atteigne une grosseur adéquate pour la récolte. Par contre, aucun des traitements ne s'est démarqué de façon significative des parcelles sous filet anti-insecte bloquant l'accès à la mouche du chou. On peut donc présumer que la ponte de la mouche du chou et/ou les dommages causés par les larves furent insuffisants pour entraver significativement la croissance des plants, et ce pour tous les traitements. Cette hypothèse est appuyée par le fait que le pourcentage de brocoli commercialisable (variant de 84,35 à 90,24 %) obtenu par les différents traitements est similaire. Il en est

de même pour le poids total récolté par parcelle (5,55 à 6,29 kg) et le poids moyen par inflorescence (247 à 268 g) (Tableau 1).

CULTURE DU RUTABAGA

Décompte des œufs

Comme on peut le constater dans les figures 9 et 10, le nombre total d'œufs et le pourcentage de plants porteurs obtenu pour les deux traitements de GF-120 ne diffèrent pas de façon significative des parcelles témoin non traité. Par contre, le nombre d'œufs total observé dans les parcelles recevant le GF-120 dilution 1:5 (3 œufs) ne diffère pas de façon significative des parcelles recouvertes d'un filet anti-insecte bloquant l'accès aux mouches du chou. La performance du traitement # 3 dans le cadre de l'essai portant sur le rutabaga semble indiquer que la dilution 1:5 du GF-120 ne permet donc pas de réduire significativement le niveau de ponte de la mouche du chou.

Domages aux racines

C'est dans les parcelles recouvertes du filet anti-insecte que l'on retrouvait la plus forte proportion de rutabagas exempts de dommages causés par la mouche du chou (88,16 %). Les pourcentages de rutabagas sans dommages obtenus par les autres traitements, y compris le témoin non traité, étaient significativement plus faibles, variant entre 24,61 et 32,41 %. Seulement 9,80 % des rutabagas récoltés dans les parcelles protégées par le filet anti-insecte présentaient des dommages de catégorie #1. La proportion de rutabagas présentant de tels dommages était significativement supérieure pour les autres traitements, oscillant entre 27,64 et 30,02 % (figure 13).

À priori, le fait d'observer des dommages de larves de mouche du chou sur des rutabagas recouverts d'une barrière physique bloquant l'accès aux adultes peut paraître surprenant. Toutefois, les hypothèses mentionnées précédemment pour expliquer la présence de tels dommages aux racines des plants de brocoli s'appliquent tout autant. Également, malgré le fait qu'une attention particulière a été portée en cours de saison afin que les filets n'entrent pas en contact avec les plants, il est possible que des mouches aient été en mesure de pondre directement sur le feuillage au travers les mailles des filets.

De 19,31 à 25,52 % des rutabagas récoltés dans les parcelles soumises aux traitements #1, #3 et #4 présentaient des dommages sur 11 à 25 % de leur superficie (indice #2). Seulement 1,02 % des rutabagas protégés par le filet anti-insecte présentaient de tels dommages, ce qui est statistiquement inférieur à tous les autres traitements. La relation entre les traitements est exactement la même si l'on s'attarde aux dommages couvrant une portion de 26 à 50 % de la superficie des rutabagas (indice #3). Par contre, aucune différence significative ne s'est manifestée entre les traitements en regard de la proportion de rutabagas manifestant des dommages d'indice #4 (figure 13).

Enfin, l'indice de dommage moyen s'est avéré maximal dans les parcelles non traitées (1,52). Ce résultat est toutefois statistiquement similaire à celui obtenu dans les parcelles recevant le GF-120 sous forme concentrée (dilution 1:5) (1,49) ou sous forme plus diluée (dilution 1:33) (1,31). L'indice de dommages moyen est nettement inférieur dans les parcelles cultivées avec le filet anti-insecte (0,15) (figure 11). Toutes ces observations indiquent que les applications de GF-120 n'ont pas été en mesure de réduire de façon significative les dommages causés par les larves de la mouche du chou sur les rutabagas.

Rendements

Au point de vue du rendement global, aucune différence significative ne s'est manifestée entre les traitements en termes de poids de rutabagas récoltés par parcelle. Ainsi, l'utilisation du filet anti-insecte n'a pas influencé significativement la croissance des rutabagas (11,53 kg/parcelle) (tableau 2).

Par contre, si l'on s'attarde au rendement commercialisable, l'utilisation des filets anti-insecte a procuré un net avantage. En effet, 93,88 % des rutabagas cultivés sous les filets étaient commercialisables à la récolte, ce qui est nettement plus que pour tous les autres traitements mis à l'essai. Dans les parcelles recevant les applications de GF-120 les plus concentrées (traitement #3), seulement 45,52 % des rutabagas étaient commercialisables, ce qui est statistiquement la même proportion que celle retrouvée dans les parcelles non traitées (44,49 %). Par contre, on retrouvait significativement plus de rutabagas commercialisables dans les parcelles recevant le GF-120 sous forme plus diluée (1:33) (56,85 %). Ce résultat est toutefois inférieur à celui obtenu dans les parcelles cultivées sous filets (tableau 2).

De plus, en termes de poids, les parcelles recevant la dilution 1:33 de GF-120 ont produit 6,11 kg de rutabagas commercialisables, ce qui est statistiquement supérieur au rendement commercialisable observé dans les parcelles témoin (4,54 kg). Pour les parcelles soumises aux pulvérisations de GF-120 sous forme plus concentrée, le rendement commercialisable a atteint 4,89 kg, ce qui ne diffère pas de façon significative des traitements #1 et #4. Évidemment, c'est dans les parcelles recouvertes du filet anti-insecte que le rendement commercialisable a été le plus élevé (10,94 kg), et ce de façon significative comparativement aux autres traitements (tableau 2).

Étonnamment, alors que les applications de GF-120 n'ont eu aucune incidence sur la gravité des dommages aux racines exprimés en pourcentage de recouvrement, les applications avec la dilution 1:33 ont procuré une augmentation de 12,4 % de rutabagas commercialisables comparativement aux parcelles non traitées. Cependant, cette augmentation est probablement causée par le fait que les dommages des larves de la mouche du chou étaient situés en plus grande proportion dans la partie inférieure des racines de rutabagas, ce qui les rendait commercialisables après parage. Cette distribution des dommages n'est vraisemblablement pas influencée par les applications de GF-120 et est probablement le fruit du hasard. Notre attention doit plutôt se concentrer sur les dommages documentés en termes de pourcentage de recouvrement et au calcul de l'indice de dommage moyen, puisque ces données font abstraction de l'endroit où sont situés les dommages sur les rutabagas.

PHYTOTOXICITÉ

Aucun symptôme de phytotoxicité ne fut remarqué lors de la saison, et ce malgré le fait que le GF-120 ait été pulvérisé à quatre reprises sur les cultures de brocolis et neuf fois sur les cultures de rutabagas. Certes, suite à l'application le GF-120 forme un dépôt collant sur le feuillage en séchant (figure 14a et 14 b), mais ce dépôt ne semble pas influencer négativement la croissance des plants, d'autant plus qu'il est sujet au lessivage par la pluie. En somme, l'utilisation du GF-120 aux doses testées dans ce projet semble compatible avec la culture du brocoli et du rutabaga.

ESSAIS AU CHAMP – SAISON 2015

MÉTHODOLOGIE

Dispositif et traitements comparés

Pendant la saison 2015, un site d'essai a été mis en place à notre station expérimentale et les essais se sont réalisés avec la culture du brocoli et du rutabaga, toutes deux cultivées en régie biologique. Dans le but de faire coïncider la mise en terre des plants avec la pointe d'activité de la première génération de la mouche du chou, les plantations se sont effectuées deux semaines plus tôt qu'en 2014, soit le 13 mai. Les apports en fertilisants se sont effectués à l'aide de fumier de poule granulé de type Acti-Sol et le contrôle des chenilles défoliatrices a été réalisé avec des préparations commerciales de *Btk*.

Les essais ont été établis avec un dispositif en bloc complet aléatoire, chacun des traitements ayant été répété quatre fois. Au total, chaque essai (culture) contenait 16 parcelles constituées de quatre rangs de 5 m de longueur espacés de 1 m pour une superficie de 20 m². Pour le brocoli, l'espacement entre les plants a été réduit à 25 cm, ce qui conférait une densité de 40 000 plants/ha et 80 plants dans chacune des parcelles. Pour le rutabaga, la densité a été maintenue à 80 000 plants/ha avec un espacement entre les plants de 12,5 cm.

Pour chacune des cultures, il y avait quatre traitements mis à l'essai :

- **T1** Parcelles témoin non traité.
- **T2** Parcelles recouvertes d'un filet anti-insecte de type ProteckNet (60 gr/m²)
- **T3** Parcelles recevant des applications de GF-120, 1,5 L/ha, dilution 1:5.
- **T4** Parcelles recevant des applications de GF-120, 3,0 L/ha, dilution 1:5.

Pour le traitement #4, sur la base des résultats obtenus en 2014, nous avons plutôt opté pour une augmentation de la quantité de produit répandu dans les parcelles plutôt que de chercher à augmenter le volume de bouillie. Les traitements de GF-120 ont été appliqués le 15 mai dès que des captures d'adultes sur une plaquette collante jaune installée sur le site ont été observées. Les applications ont été réalisées à l'aide d'une seringue de 20 ml muni d'une aiguille avec le bout tronqué, ce qui favorisait la production et la dispersion de gouttelettes de la taille adéquate. L'utilisation de la seringue nous permettait aussi de distribuer plus précisément les faibles volumes de bouillie requis directement sur les plants et limitait les pertes dans les entre-rangs et dans les espaces entre les plants. En effet, pour le T3, chaque parcelle recevait 15 ml de GF-120 dilué, alors que les parcelles du T4 recevaient 30 ml de bouillie.

Tout comme en 2014, les applications se sont poursuivies avec un intervalle d'environ 7 jours. Les applications étaient devancées de quelques jours, dans la mesure du possible, si des précipitations significatives étaient enregistrées. La figure 15 montre l'évolution des précipitations en cours de saison et les moments où les applications de GF-120 se sont effectuées. Les parcelles cultivées en brocoli ont reçu un total de quatre applications des traitements, la dernière ayant été effectuée le 3 juin. Pour le rutabaga, les parcelles ont reçu un total de 10 applications, la dernière ayant été effectuée le 15 juillet.

Données recueillies en cours de saison

Pour la saison 2015, nous avons augmenté l'effort d'échantillonnage pour vérifier l'effet des applications de GF-120 sur la ponte de la mouche du chou. Des décomptes d'œufs de la mouche du chou ont été réalisés chaque semaine à compter du 21 mai, soit à quatre reprises pour les parcelles cultivées en brocoli et à 10 reprises pour l'essai portant sur le rutabaga. Ceci a été effectué en observant minutieusement le collet de 10 plants sélectionnés aléatoirement dans les parcelles (sauf sous les filets) et en comptant le nombre d'œufs retrouvés. Les données cumulatives à 28 (brocoli et rutabaga), 56 et

70 (rutabaga seulement) jours après la plantation ont fait l'objet d'analyses statistiques. Le nombre total d'œufs par parcelle et le pourcentage (%) de plants porteurs d'œufs ont été soumis aux analyses.

Pour la culture du brocoli, afin de pouvoir observer des dommages plus facilement identifiables, il a été jugé préférable de procéder à l'évaluation des dégâts aux racines 28 jours après la plantation, soit le 10 juin, sept jours après la dernière application des traitements de GF-120. Les plants sélectionnés pour cette évaluation ont été prélevés de façon aléatoire sur les deux rangs de garde de chacune des parcelles à raison de cinq plants par rang pour un total de 10 plants par parcelle. Les plants cueillis étaient arrachés du sol et leur système racinaire était prélevé à partir du collet. Les racines ont été nettoyées et les spécimens de larves et de pupes de mouche du chou récupérés lors du lavage ont été conservés et dénombrés. Les racines ont ensuite été observées pour évaluer la présence et l'intensité des dommages causés par les larves de la mouche du chou. L'évaluation des dommages a été réalisée sur la racine principale en se servant de la même échelle d'appréciation que lors de la saison 2014.

Les données ayant fait l'objet d'analyses statistiques sont le pourcentage (%) de plants dans chacune des catégories d'indice de dommages, l'indice de dommage moyen et le nombre de spécimens de la mouche du chou (pupes et larves confondues) par parcelle.

Pour la culture du rutabaga, nous avons effectué deux évaluations de dégâts en cours de saison afin de mieux documenter l'effet des applications de GF-120 sur les dommages causés par les larves de la mouche du chou. Ces évaluations ont été effectuées à 28 et 57 jours après la plantation, soit le 10 juin et le 9 juillet. L'évaluation des dommages s'est effectuée de la même façon que pour le brocoli, en prélevant 10 plants par parcelles choisis aléatoirement sur les deux rangs de garde.

Récolte du brocoli

Les récoltes de brocolis ont débuté le 22 juillet et se sont effectuées à cinq reprises au total pour se terminer le 4 août. Dix plants consécutifs présents sur un des deux rangs centraux des parcelles, en excluant les plants situés aux deux extrémités de chaque rang, ont été sélectionnés à cette fin. Les brocolis étaient récoltés selon les mêmes critères que ceux utilisés en 2014. Avant de procéder à la mesure du poids des inflorescences, les plants étaient coupés au niveau du sol afin de noter le poids de la biomasse foliaire produite. Lors de la dernière récolte, tous les brocolis ayant un diamètre inférieur à 7,5 cm ont été considérés comme étant non commercialisables. Les données ayant fait l'objet d'analyses statistiques sont le nombre de jours moyens requis pour la récolte depuis la plantation, le pourcentage (%) de brocolis commercialisable, le poids moyen (g) par brocoli commercialisable, le poids total (kg) de la récolte commercialisable par parcelle et le poids total (kg) de la biomasse foliaire par parcelle.

Récolte du rutabaga

La récolte des rutabagas s'est effectuée le 22 juillet en prélevant l'ensemble des rutabagas présents sur deux sections de 2,5 m dans les deux rangs centraux des parcelles. Les rutabagas ont été lavés avant d'être évalués en regard de la présence et de l'intensité des dommages causés par les larves de la mouche du chou. L'appréciation des dommages a été réalisée en se servant de la même échelle d'évaluation que pour les évaluations en saison. Le nombre de rutabagas dans chacune des catégories a été consigné. De plus, les rutabagas ont également été classés en commercialisables ou non en suivant les mêmes critères que lors de la saison 2014. Les données ayant fait l'objet d'analyses statistiques sont le pourcentage (%) de rutabagas dans chacune des catégories de dommages, l'indice de dommage moyen de même que le pourcentage (%) et le poids (kg) des rutabagas commercialisables.

Analyse statistique

L'analyse des données a été effectuée à l'aide de la procédure GLM du logiciel R suivi d'un test de séparation des moyennes Waller-Duncan K-ratio.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CULTURE DU BROCOLI

Décompte des œufs

Dans les parcelles cultivées en brocoli, le nombre d'œufs cumulatifs retrouvés dans les parcelles non traitées à 28 jours après la plantation s'est élevé à 32,50 œufs en moyenne (figure 17). Dans les parcelles recevant les applications de GF-120 au taux de 1,5 et 3,0 L/ha, on retrouvait respectivement 44,00 et 29,25 œufs. Les analyses statistiques n'ont repéré aucune différence significative entre ces valeurs. Lorsque l'on considère le pourcentage de plants porteurs d'œufs, on remarque qu'une moyenne cumulative de 31,9 % des plants présentait des œufs à leur collet dans les parcelles non traitées et ce pourcentage était similaire dans les parcelles recevant le T3 (34,38 %) et le T4 (26,25 %) selon le test de Waller-Duncan (figure 16). Ces données nous indiquent que les applications répétées de GF-120 n'ont pas été en mesure de diminuer l'incidence et l'intensité de la ponte de la mouche du chou dans les parcelles.

Dommmages aux racines

Concernant l'évaluation des dommages aux racines, on remarque que c'est dans les parcelles recouvertes du filet anti-insecte que le pourcentage de racines exemptes de dommages a été le plus élevé (40,00 %) (tableau 3). Ce pourcentage s'est avéré significativement supérieur à celui enregistré pour les autres traitements. En effet, seulement 20 % des racines prélevées dans les parcelles non traitées étaient saines. Dans les parcelles recevant les applications de GF-120, le pourcentage de racines ne présentant aucun dommage s'est élevé à 17,50 et 12,50 % respectivement pour les applications au taux de 1,5 L/ha et 3,0 L/ha, ce qui s'est avéré similaire au témoin non traité.

Malgré la protection physique offerte par les filets anti-insectes, nous avons tout de même observé que 37,50 % des racines prélevées dans les parcelles concernées présentaient de légers dommages sur moins de 10 % de leur superficie. Tout comme lors de la saison 2014, il est fort probable que des adultes de la mouche du chou aient émergé sous les filets au printemps étant donné l'historique de production de crucifères sur le site d'essai. De plus, il faut considérer que le fait d'avoir procédé à l'évaluation des dommages plus tôt en saison (à 28 jours après la plantation) facilitait beaucoup les observations comparativement à la saison 2014, car les dommages étaient frais et n'avaient pas eu le temps de cicatriser. Néanmoins, aucune différence significative ne s'est manifestée entre les traitements en regard du pourcentage de racines présentant des dommages d'indice #1. Il en est de même pour le pourcentage de racines ayant subi des dommages sur 11-25 %, 26-50 % et 51-75 % de leur superficie (tableau 3).

Par contre, l'indice de dommage moyen calculé pour les parcelles recouvertes des filets anti-insecte (0,90) s'est avéré significativement inférieur à celui calculé pour les parcelles non traitées (1,60) (figure 18). Dans les parcelles recevant les applications de GF-120, cet indice a atteint 1,63 pour la dose de 1,5 L/ha et 1,68 pour la dose de 3,0 L/ha. Ces valeurs sont statistiquement équivalentes à celle retrouvée dans les parcelles non traitées et supérieures à celle des parcelles recouvertes des filets anti-insecte. Enfin, si on s'attarde au nombre de spécimens de mouche du chou (larves et pupes confondues)

retrouvés lors des observations de dommages aux racines, les analyses statistiques n'ont dénoté aucune différence significative entre les traitements ($P = 0,2499$) de par la grande variabilité des données (figure 19).

En se basant sur les résultats obtenus dans cet essai, on peut conclure que les applications répétées de GF-120 sur la culture du brocoli ne semblent pas en mesure de contrôler les dommages causés par les larves de la mouche du chou en début de saison.

Rendements

L'utilisation du filet anti-insecte a engendré une récolte plus hâtive dans les parcelles concernées comparativement aux autres traitements selon le test de Waller-Duncan. En effet, le nombre de jours moyen avant l'atteinte de la maturité a été de 72,90 jours pour les parcelles recouvertes du filet anti-insecte, alors qu'il était de 76,95 jours dans les parcelles non traitées. Il est possible que la température sous les filets ait été un peu plus élevée que dans les parcelles sans filets, ce qui a eu un impact sur la croissance et la hâtivité des plants de brocolis. Dans les parcelles recevant les applications de GF-120, les brocolis ont atteint leur maturité à 78,33 jours et 76,55 jours en moyenne, respectivement pour les applications au taux de 1,5 L/ha et 3,0 L/ha, ce qui ne diffère pas significativement de la valeur obtenue dans les parcelles non traitées (tableau 7).

Par contre, en ce qui concerne la biomasse foliaire produite, la récolte commercialisable et le pourcentage de brocoli commercialisable, l'utilisation du filet anti-insecte et les applications de GF-120 destinées à contrôler la mouche du chou n'ont pas été en mesure de fournir des réponses significativement différentes de celles observées dans les parcelles non traitées. Enfin, si on s'attarde uniquement au poids des brocolis commercialisables, on remarque que le poids des brocolis récoltés dans les parcelles sous filet (241 g) était inférieur au poids des brocolis cultivés dans les parcelles recevant les applications de GF-120 (285 g et 298 g, respectivement pour le T3 et le T4). Par contre, les brocolis cultivés dans les parcelles recevant l'appât insecticide présentaient un poids qui était similaire au poids des brocolis ne recevant aucun traitement (268 g) (tableau 7). L'hypothèse d'une température plus élevée sous les filets peut également servir à expliquer le poids des brocolis plus faible. En effet, la température peut avoir une incidence négative sur le rendement puisque les plants de brocolis ont tendance à fleurir plus rapidement et à produire des inflorescences lâches lorsqu'ils sont exposés à de fortes chaleurs.

Tout comme en 2014, il semble que les dommages causés par la mouche du chou n'ont pas influencé négativement la récolte, et ce malgré l'abondance d'œufs dénombrés en début de saison et l'intensité et la fréquence des dommages observés 28 jours après la plantation. On peut par contre supposer que le début de saison particulièrement frais et humide observé en 2015 a probablement aidé les plants de brocoli à supporter les dommages causés par les larves aux racines, diminuant ainsi les impacts potentiels sur la récolte. Aussi, il est difficile de conclure si la précocité de la récolte observée pour les brocolis cultivés sous filet est liée à l'augmentation de la température sous les filets ou par l'intensité moindre des dommages causés par les larves de la mouche du chou.

CULTURE DU RUTABAGA

Décompte des œufs

En consultant la figure 17, on peut remarquer que le nombre total d'œufs retrouvés 28 jours après la plantation dans les parcelles recevant les applications de GF-120 (28,25 œufs pour le T3 et 25,25 œufs

pour le T4) ne diffère pas de façon significative du nombre d'œufs retrouvés dans les parcelles non traitées (21,25). Il en est de même pour le nombre d'œufs cumulatifs à 56 et 70 jours après la plantation. Également, les applications de l'appât insecticide n'ont pas eu un impact significatif sur le pourcentage de plants porteurs d'œufs de la mouche du chou, et ce pour chacune des trois périodes ayant fait l'objet des analyses statistiques (figure 16). Le GF-120 utilisé selon notre protocole ne semble donc pas en mesure de réduire de façon significative l'incidence et l'intensité de la ponte de la mouche du chou dans la culture du rutabaga.

Domages aux racines

Première évaluation des dommages

Lors de la première évaluation des dommages, près de 68 % des racines prélevées dans les parcelles recouvertes d'un filet anti-insecte étaient exemptes de dommages causés par les larves de la mouche du chou (tableau 4). Cette valeur est significativement plus élevée que celles enregistrées dans les parcelles non traitées (22,50 %) et les parcelles recevant les applications de GF-120. Le pourcentage de racines saines recueillies dans les parcelles recevant 1,5 L/ha de GF-120 (22,50 %) ne diffère pas de celui observé dans les parcelles non traitées, ni de celui enregistré dans les parcelles traitées avec 3,0 L/ha de GF-120 (30,00 %). Pour les autres indices de dommages (indice #1 à indice #4), les analyses statistiques n'ont dénoté aucune différence significative entre les traitements. Par contre, le pourcentage de racines présentant des dommages sur 11 à 25 % de leur superficie était tout de même dix fois plus faible dans les parcelles recouvertes de filet anti-insecte (2,50 %) comparativement aux parcelles non traitées (25,00 %). Aussi, les parcelles recouvertes du filet anti-insecte se démarquent par l'absence de racines présentant des dommages d'indice #3 et #4, alors que ces types de dommage étaient présents pour les racines prélevées dans les autres parcelles. Également, les parcelles avec filet se distinguent de façon significative des autres traitements en regard de l'indice de dommage moyen observé sur les racines ($P = 0,0346$). En effet, cet indice se chiffre à 0,35 dans ces parcelles alors qu'il est de 1,75 dans les parcelles non traitées et de 1,63 et 1,48 respectivement dans les parcelles recevant le GF-120 aux doses de 1,5 et 3,0 L/ha (figure 18). Enfin, le nombre de spécimens de *D. radicum* retrouvé lors de l'évaluation des dommages aux racines ne diffère pas significativement d'un traitement à l'autre ($P = 0,5645$) (figure 19). Cette donnée avait une forte variabilité intra et inter parcellaire, tout comme pour les spécimens retrouvés dans la culture du brocoli, ce qui a nui aux résultats des analyses statistiques.

Deuxième évaluation des dommages

Au moment de l'évaluation des dommages à 56 jours après la plantation, le pourcentage de rutabaga exempt de dommages de la mouche du chou s'élevait à 80 % dans les parcelles protégées par les filets anti-insectes (tableau 5). Ce pourcentage était significativement inférieur dans les parcelles non traitées (22,50 %) et dans les parcelles recevant les applications de GF-120 (5,00 % pour les deux doses testées). De plus, le pourcentage observé dans les parcelles traitées avec l'appât insecticide (T3 et T4) était significativement inférieur à celui retrouvé dans les parcelles non traitées. Concernant les racines présentant des dommages de catégorie #2, c'est dans les parcelles sous filets que ces dommages ont été le moins fréquemment observés (5,00 %), et ce de façon significative comparativement aux parcelles recevant les applications de l'appât insecticide, mais pas les parcelles non traitées (15,00 %). On remarque aussi que les parcelles traitées avec 3,0 L/ha de GF-120 ont présenté un pourcentage de racines dans cette catégorie de dommages (37,50 %) significativement supérieur aux pourcentages retrouvés dans les parcelles non traitées et celles recouvertes de filet. Par contre, aucune différence significative ne s'est manifestée entre les traitements en regard du pourcentage de racines se retrouvant dans les autres catégories de dommages, et ce malgré des différences notables dans les valeurs obtenues pour certains traitements. L'indice de dommage moyen calculé pour chacun des traitements

indique que c'est dans les parcelles sous filet que l'intensité des dommages était la moindre (indice de 0,35) ($P < 0,0001$). Ce résultat s'avère significativement inférieur à celui enregistré par les autres traitements étudiés. L'indice de dommage observé dans les parcelles non traitées (1,85) s'est avéré statistiquement inférieur à celui enregistré dans les parcelles traitées avec 1,5 L/ha de GF-120, mais similaire à celui noté dans les parcelles recevant 3,0 L/ha. L'indice de dommage calculé pour les parcelles recevant les deux doses de GF-120 est cependant statistiquement comparable (figure 18). Enfin, le nombre de larves et de pupes de la mouche du chou retrouvées lors de l'évaluation des dommages aux racines ne diffère pas significativement d'un traitement à l'autre ($P = 0,2262$) (figure 19).

Évaluation des dommages à la récolte

À la récolte, 70 jours après la plantation, c'est un peu plus de 91 % des rutabagas prélevés dans les parcelles sous filet anti-insecte qui étaient exempts de dommages causés par les larves de la mouche du chou (tableau 6). Ce pourcentage est significativement inférieur dans les parcelles non traitées (18,13 %) et dans les parcelles recevant le GF-120 aux doses de 1,5 L (15,52 %) et 3,0 L (19,22 %). Les pourcentages obtenus sont statistiquement similaires pour ces trois derniers traitements. La même relation existe entre les traitements en regard du pourcentage de rutabagas présentant des dommages de catégorie 1, 2 et 3, alors qu'aucune différence significative ne se manifeste entre les traitements si l'on s'attarde uniquement aux dommages avec un indice #4 (tableau 6). Enfin, les applications de GF-120 aux deux doses testées n'ont pas été en mesure de réduire de façon significative l'intensité des dommages causés par les larves de la mouche du chou, comme en témoignent les résultats des analyses statistiques effectuées sur l'indice de dommage moyen. En effet, cet indice se chiffre à 1,65 et 1,71 dans les parcelles recevant les applications de GF-120 aux taux respectifs de 1,5 et 3,0 L/ha, alors qu'il est de 1,65 dans les parcelles témoins, ce qui s'avère statistiquement comparable. L'indice de dommage est toutefois significativement inférieur dans les parcelles protégées par le filet anti-insecte (figure 18) ($P < 0,0002$).

À la lumière des observations effectuées lors de ces trois évaluations des dommages, on peut aisément conclure que les applications de l'appât insecticide GF-120, aux doses testées dans le cadre de ce projet, ne sont pas en mesure de réduire de façon significative les dommages causés par les larves de la mouche du chou dans la culture du rutabaga.

Rendements

La réduction de l'intensité des dommages de la mouche du chou retrouvés sur les rutabagas cultivés sous filets anti-insecte se traduit évidemment par un pourcentage de rutabaga commercialisable accru comparativement aux autres parcelles. En effet, plus de 92 % des rutabagas protégés par les filets se sont avérés commercialisables, ce qui est significativement supérieur aux pourcentages enregistrés dans les parcelles non traitées (30,63 %) et les parcelles soumises au T3 (26,53 %) et au T4 (26,69 %) ($P = < 0,0001$). Le pourcentage de rutabaga commercialisable obtenu pour ces trois derniers traitements est par contre statistiquement similaire selon le test de Waller-Duncan. Enfin, malgré les différences existantes entre les traitements en regard du pourcentage de rutabagas commercialisable, le rendement commercialisable (kg) est statistiquement le même pour tous les traitements ($P = 0,4200$). Ceci s'explique par le fait que les rutabagas cultivés sous les filets anti-insectes ont subi une forte pression de la part des pucerons en cours de saison, ce qui a eu un effet négatif notable sur leur croissance. Le calibre des rutabagas récoltés sous les filets était visiblement plus faible, ce qui s'est traduit par un rendement commercialisable équivalent à celui enregistré par les autres traitements malgré une incidence et une gravité des dommages causés par la mouche du chou beaucoup moindres. Ces données s'ajoutent donc à celles recueillies en cours de saison en regard de la ponte des adultes et des dommages causés par les larves aux racines et confirment donc l'inefficacité des applications de l'appât GF-120 comme outil de lutte contre la mouche du chou dans la culture du rutabaga.

PHYTOTOXICITÉ

Aucun symptôme de phytotoxicité ne fut remarqué lors de la saison, et ce malgré le fait que le GF-120 ait été pulvérisé à quatre et dix reprises respectivement sur les cultures de brocolis et de rutabagas. Même utilisé à une dose deux fois supérieure à celle homologuée (3,0 L/ha), le produit GF-120 semble compatible avec la culture du brocoli et du rutabaga.

CONCLUSIONS

Les résultats obtenus en laboratoire indiquent que le GF-120 est en mesure d'intoxiquer mortellement les adultes de la mouche du chou, autant mâles que femelles, et ce de façon assez rapide. Malgré que le produit ne semble pas posséder un grand pouvoir d'attraction selon nos observations, son appétence s'avère assez élevée pour que les mouches du chou l'ingèrent. Cette ingestion occasionne une mortalité maximale après 72 heures. Aussi, selon nos résultats, il semble important de maintenir le GF-120 sous forme concentrée en respectant les recommandations du fabricant afin de conserver une efficacité optimale. Par contre, une des questions qui demeure en suspend est de savoir si les mouches intoxiquées par l'ingestion du GF-120 cessent de pondre des œufs au collet des plants avant que la mortalité ne s'exprime. Nos protocoles n'étaient pas élaborés dans le but de documenter cet aspect, mais nous croyons qu'il serait pertinent d'y mettre des efforts de recherche. Si l'ingestion de l'appât ne prévient pas la ponte subséquente, alors il serait aussi pertinent d'entreprendre des travaux dans le but d'augmenter la toxicité de l'appât.

Les données recueillies en 2014 sur les plants de brocoli et de rutabaga démontrent que les applications de GF-120 sur les cultures ne semblent pas influencer le niveau de ponte de la mouche du chou. Les données obtenues en 2015, grâce à l'augmentation de l'effort d'échantillonnage, viennent confirmer ces conclusions. Aussi, l'efficacité du GF-120 à contrôler les dommages des larves de la mouche du chou sur les racines de brocolis ou de rutabagas semble très faible, voire nulle comme en témoigne les résultats obtenus en champ pour la saison 2015. Par contre, nous sommes d'avis qu'une des principales contraintes de nos essais provient de la mobilité interparcellaire des mouches adultes et de la grandeur des parcelles utilisées. Avec du recul, nous croyons que cette mobilité peut influencer grandement les résultats. En effet, rien n'empêche une mouche hébergée dans les parcelles témoin non traité d'aller pondre des œufs dans une parcelle recevant des applications de GF-120, et vice-versa. Nous pensons que le GF-120 pourrait avoir une meilleure efficacité s'il était appliqué sur une plus grande superficie en culture, permettant ainsi d'avoir un impact plus significatif sur l'ensemble de la population de *D. radicum*. Cette hypothèse pourrait être testée lors de futurs essais.

Pour évaluer correctement la performance du GF-120, mis à part la question de l'efficacité, il faut aussi considérer les contraintes relatives à l'application du produit. Dans un premier temps, le fait que les applications de GF-120 doivent être répétées lorsque surviennent des pluies peut causer problème. Lorsque la température est peu clémente et que des régimes d'averses se succèdent, les applications peuvent avoir une rémanence très faible et il devient difficile de cibler les bons moments pour les réaliser. Ces périodes sont donc propices à l'infestation des cultures par la mouche du chou. Il en est de même lorsque des irrigations sont nécessaires afin de subvenir aux besoins hydriques des cultures, particulièrement pendant les premières semaines de croissance alors que les plants sont peu développés. Or, c'est également à ce stade que les plants sont le plus susceptibles de souffrir des dommages causés par la mouche du chou. Malgré notre bonne volonté, il apparaît évident que lors des deux années d'essais les plants de brocolis et de rutabagas ont traversé certaines périodes sans aucune

gouttelette de GF-120 sur leur feuillage dû au délavage occasionné par les précipitations. Si un appât plus efficace contre la mouche du chou est éventuellement élaboré et homologué, la gestion des applications en regard des précipitations sera vraisemblablement problématique pour les producteurs qui voudront utiliser cette approche.

Également, les faibles volumes de bouillie qui sont impliqués avec la dilution 1:5 (selon les recommandations du fabricant) font en sorte qu'il est difficile d'obtenir une couverture uniforme du feuillage des plants par les gouttelettes. C'est particulièrement le cas lorsque les plants sont peu développés, pendant les premières semaines de croissance, alors qu'une partie du volume d'application peut être gaspillé et se retrouver sur le sol entre les plants et dans les entre-rangs. Lorsque les plants gagnent en volume, il devient de plus en plus aisé d'appliquer le produit sur le feuillage, là où les gouttelettes doivent se retrouver. C'est avec cette problématique en tête que nous avons décidé de tester l'efficacité du GF-120 sous forme plus diluée (1:33) en 2014 et d'accroître la dose d'application en 2015, ceci dans le but d'augmenter le volume de bouillie à pulvériser. Il faut garder à l'esprit que le GF-120 a été développé pour être utilisé en verger et appliqué sur des arbres possédant une biomasse foliaire beaucoup plus importante que celles des plants de brocolis et de rutabagas. De plus, le GF-120 possède un certain pouvoir d'attraction sur les mouches de la famille des Tephritidae, de par la présence d'acétate d'ammonium dans la formulation et le dégagement subséquent d'ammoniaque. Ceci fait en sorte qu'une couverture uniforme du feuillage n'est pas nécessaire, puisque les mouches sont en mesure de repérer les gouttelettes situées à proximité pour ensuite s'en nourrir. La réponse de la mouche du chou à l'acétate d'ammonium nous est inconnue et mériterait être documentée.

Le projet aura donc permis d'acquérir des informations intéressantes en regard du potentiel d'efficacité de l'appât GF-120 comme moyen de lutte contre la mouche du chou dans les cultures de crucifères biologiques. Certes, les résultats obtenus lors des essais en parcelles expérimentales en 2014 et 2015 s'avèrent plutôt décevants. Par contre, le projet nous aura permis de nous familiariser avec le GF-120 et de mieux comprendre les caractéristiques du produit et les enjeux reliés à son utilisation dans les cultures de crucifères. Nous sommes d'avis que les résultats encourageants obtenus en laboratoire devraient constituer une base de travail servant à élaborer des essais futurs dans le but d'améliorer l'attractivité et la toxicité de l'appât GF-120 envers la mouche du chou. Manifestement, davantage d'efforts de recherche devront être consacrés si l'on désire mettre au point une approche de lutte intégrée dirigée contre la mouche du chou à l'aide d'un appât insecticide tel que le GF-120.

POINT DE CONTACT

Nom du responsable du projet : Vincent Myrand, agr. M. Sc.

Tel : (450) 589-7313 # 225

Télécopieur : (450) 589-2245

Courriel : v.myrand@ciel-cvp.ca

Sous la supervision de : Pierre Lafontaine, agr. Ph.D.

Tél. : (450) 589-7313 # 223

Télécopieur : (450) 589-2245

Courriel : p.lafontaine@ciel-cvp.ca

AUTRES TRAVAUX DE L'AUTEUR OU RÉFÉRENCES SUR LE MÊME SUJET

Barry J.D. et al. (2006) Effectiveness of protein baits on melon fly and oriental fruit fly (Diptera : Tephritidae) : attraction and feeding. *Journal of Economic Entomology*, 99 (4) ; 1161-1167.

Chouinard, G., S. Bellerose et J. Tardif (2011) Lutte écologique contre la mouche de la pomme. Fiche synthèse, 2 p. En ligne : <http://www.irda.qc.ca/fr/Fiches-synthese/385>

Collier R. et Finch S. (2002) Brassica crops : Evaluation of non-organophosphorus insecticides for controlling the cabbage root fly. Final report HDC project number FV 223, Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick, 24 p.

Collier R. (2003) Brassica crops : Evaluation of non-organophosphorus insecticides for controlling the cabbage root fly. Final report HDC project number FV 242, Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick, 31 p.

Collier R. et Jukes A. (2004) Brassica crops : Evaluation of non-organophosphorus insecticides for controlling the cabbage root fly. Final report HDC project number FV 242a, Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick, 28 p.

Pelz K.S et al. (2005) Protection of fruit against infestation by apple maggot and blueberry maggot (Diptera : Tephritidae) using compounds containing spinosad. *Journal of Economic Entomology*, 98 (2) ; 432-437

PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière accordée dans le cadre du Programme "Innovbio" du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Le Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière tient à remercier La Fédération d'agriculture biologique du Québec (FABQ) pour leur appui dans le projet. Nous remercions également M. Michel Pichette de la ferme Milisun pour avoir fourni une partie des rutabagas nécessaires au maintien de l'élevage de la mouche du chou, de même que la compagnie Dow AgroSciences pour les échantillons de GF-120 NF Naturalyte.

ANNEXE



Figure 1. Mouche du chou s'alimentant sur une gouttelette de GF-120 (dilution 1:5) sur une feuille de brocoli.



Figure 2. Pistolet d'application (MeterJet spray gun) utilisé pour les applications de GF-120 lors des expérimentations au champ.



Figure 3. Dommage de larve de la mouche du chou sur la racine principale d'un plant de brocoli. La flèche noire montre une pupue enfouie dans une galerie d'alimentation.

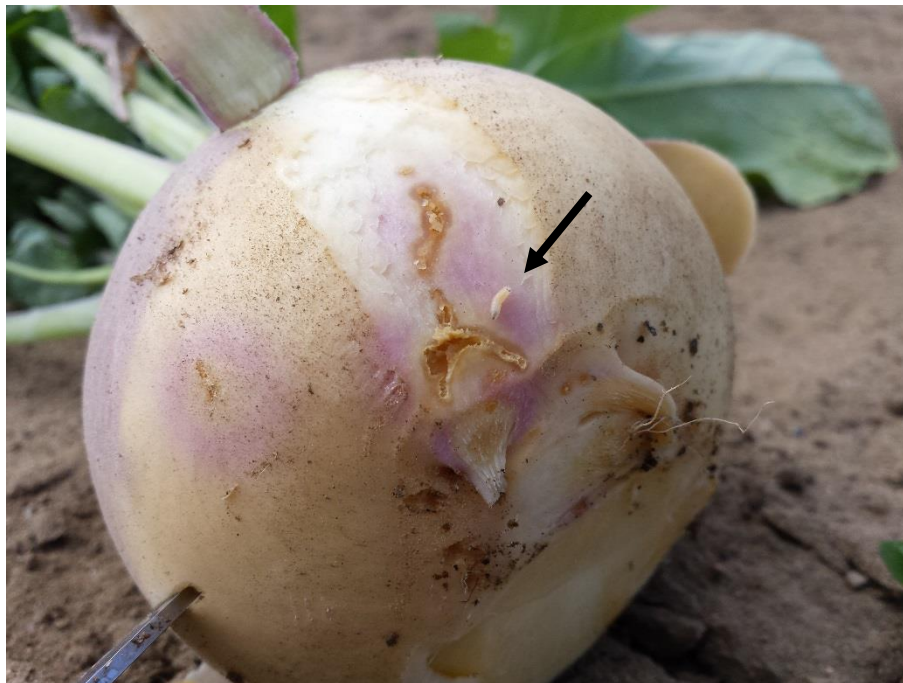


Figure 4. Dommage de larve de la mouche du chou sur un rutabaga. La flèche noire montre une larve située près d'une galerie d'alimentation.

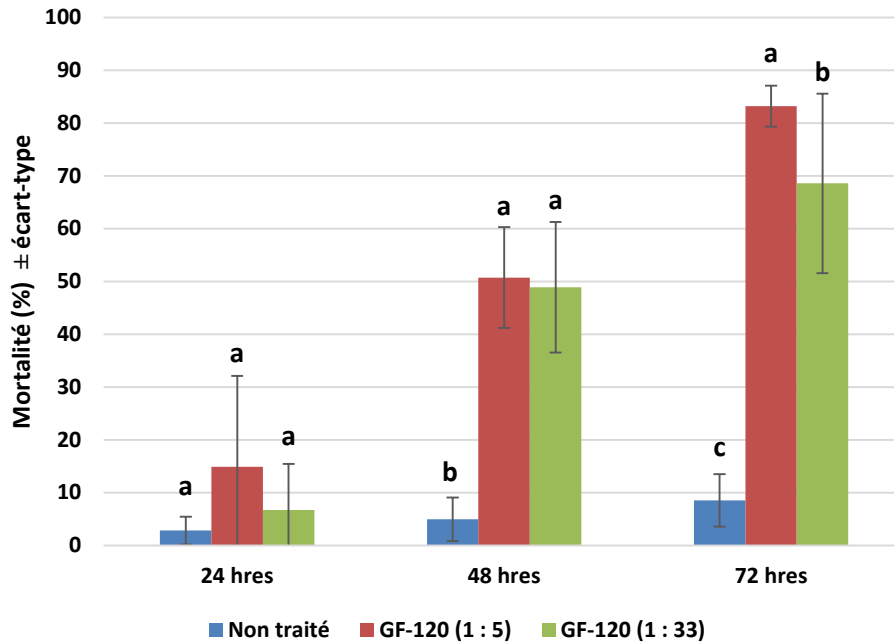


Figure 5. Comparaison de la mortalité des mouches du chou (mâles et femelles confondus) soumises aux différents traitements à 24, 48 et 72 heures après le début des expériences.

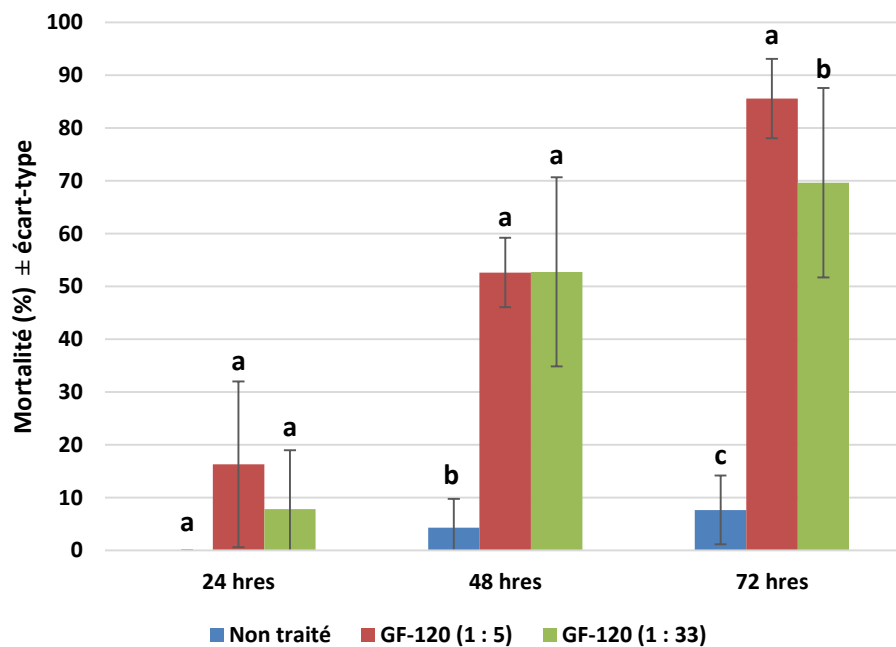


Figure 6. Comparaison de la mortalité des mouches du chou (mâles seulement) soumises aux différents traitements à 24, 48 et 72 heures après le début des expériences.

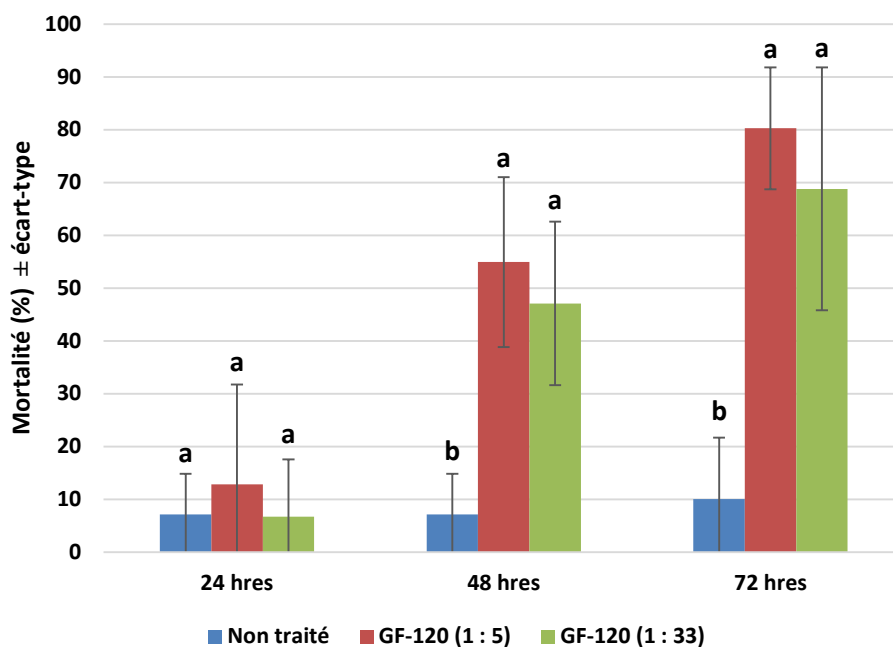


Figure 7. Comparaison de la mortalité des mouches du chou (femelles seulement) soumises aux différents traitements à 24, 48 et 72 heures après le début des expériences.

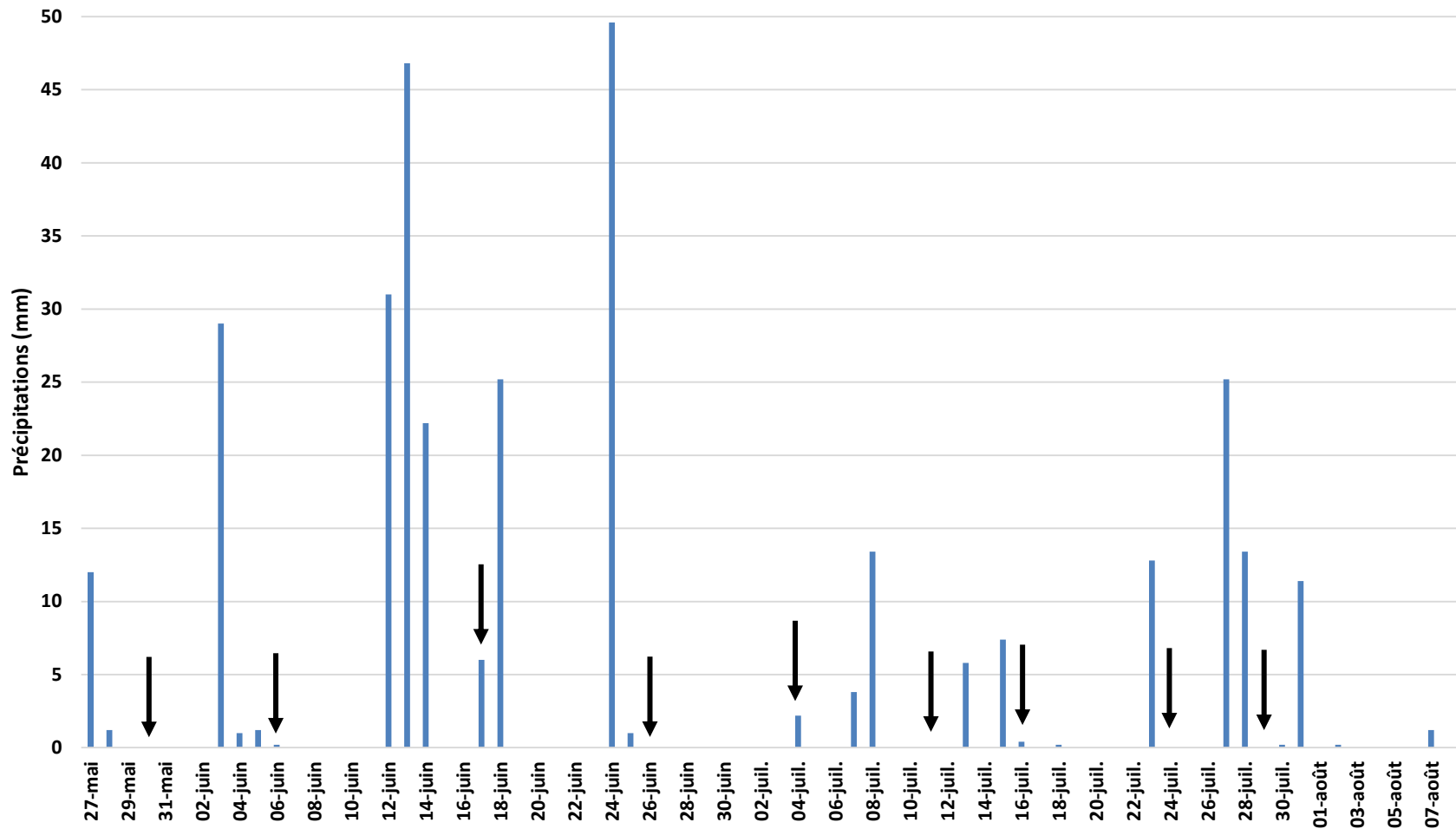


Figure 8. Évolution des précipitations (mm) sur le site d'essai lors de la saison 2014. Les flèches noires indiquent les moments où ont eu lieu des applications de GF-120.

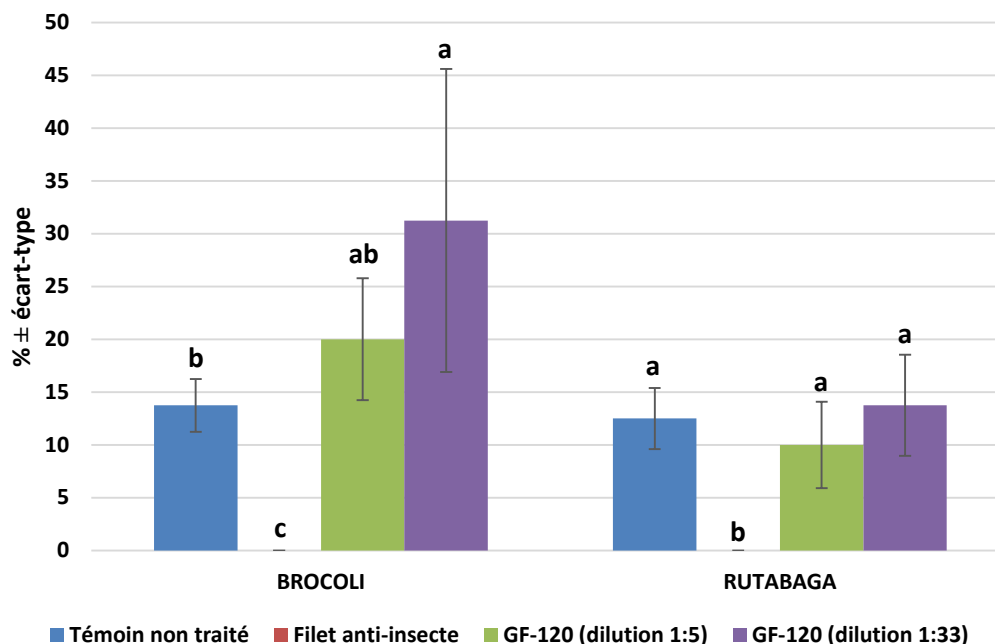


Figure 9. Pourcentage cumulé de plants porteurs d'œufs pour les deux cultures en 2014. Les moyennes suivies d'une même lettre, pour une même culture, ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

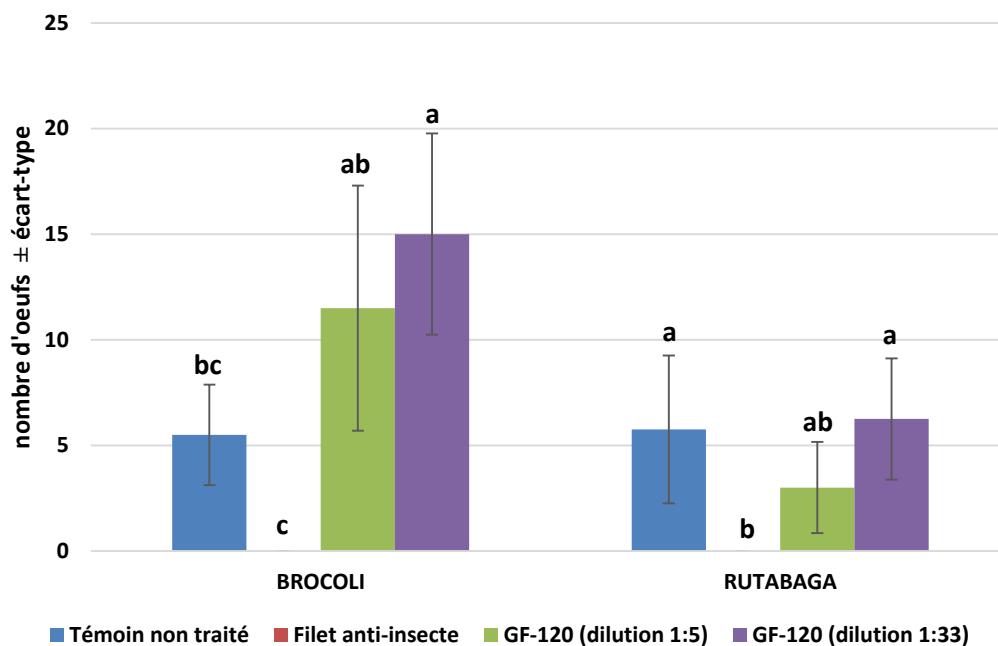


Figure 10. Nombre d'œufs total retrouvé dans les parcelles pour les deux cultures en 2014. Les moyennes suivies d'une même lettre, pour une même culture, ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

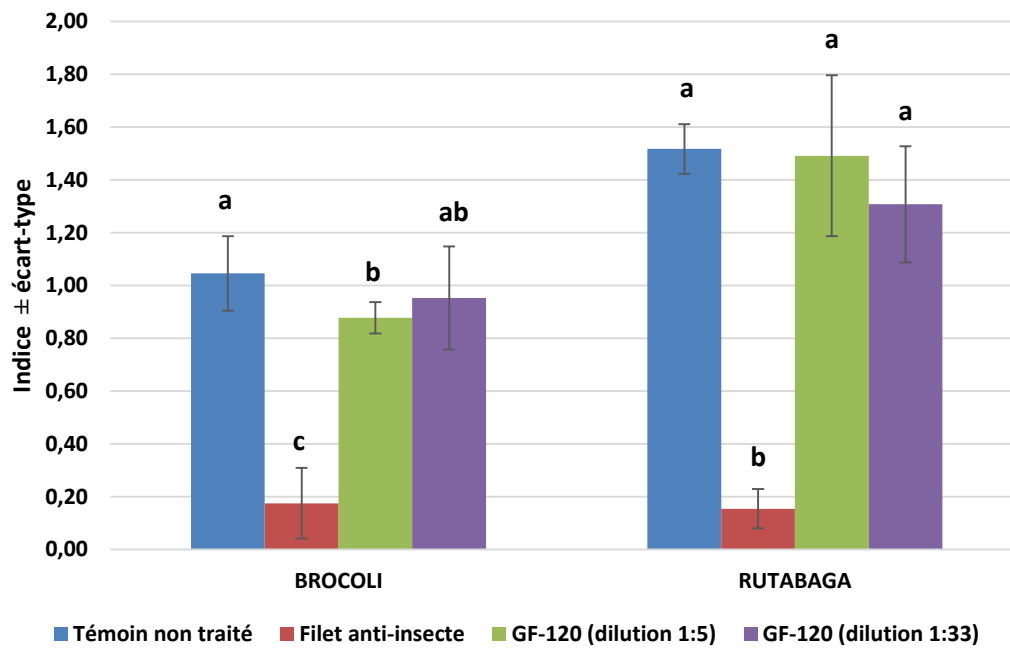


Figure 11. Indice de dommage moyen causé par les larves de la mouche du chou sur les racines de brocolis et de rutabagas en 2014. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

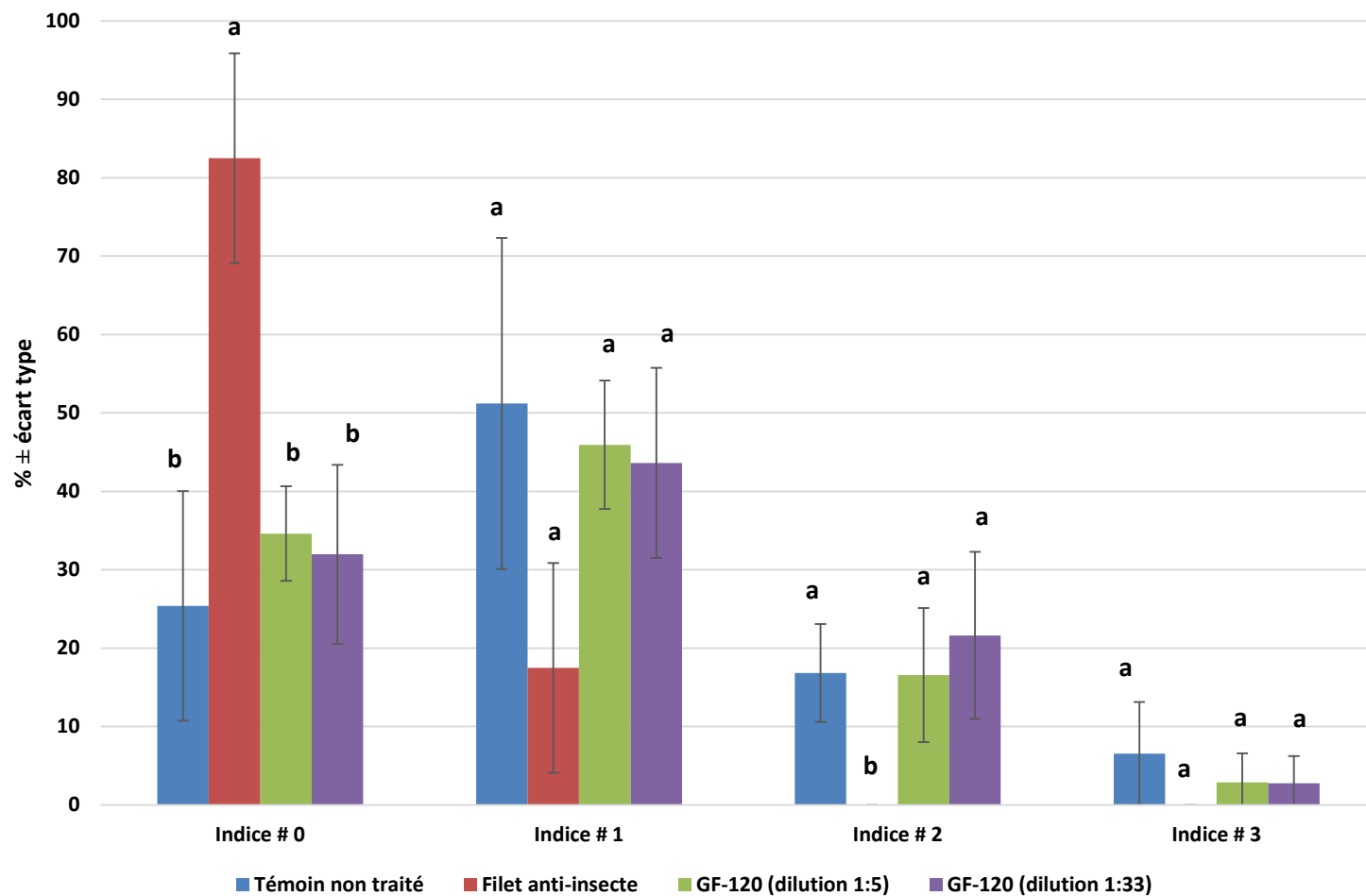


Figure 12. Répartition des dommages causés par les larves de la mouche du chou sur les racines de brocoli en 2014. Les moyennes pour un même indice suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

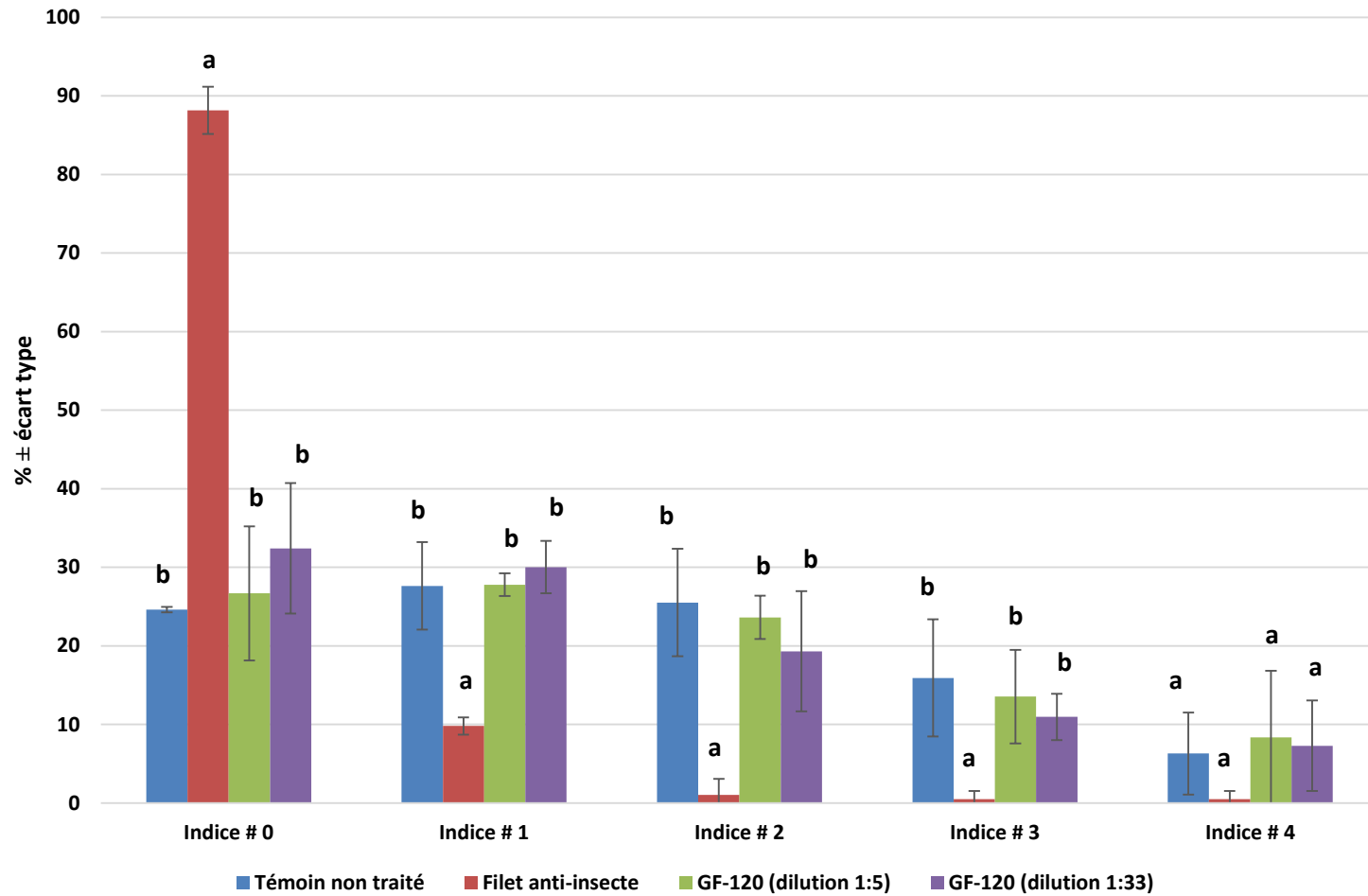


Figure 13. Répartition des dommages causés par les larves de la mouche du chou sur les rutabagas en 2014. Les moyennes pour un même indice suivies d’une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

Tableau 1. Nombre de jours requis avant la récolte, pourcentage de brocoli commercialisable, poids total de la récolte et poids par brocoli commercialisable en 2014. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

| Traitements | Nombre de jours avant maturité | | Proportion des brocolis commercialisable (%) | | Récolte commercialisable par parcelle (kg) | | Poids moyen des brocolis commercialisable (g) | |
|---------------------------|--------------------------------|---|--|---|--|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| Témoin non traité | 70,4 | a | 87,17 | a | 6,30 | a | 265,69 | a |
| Filet anti-insecte | 68,2 | a | 90,24 | a | 6,29 | a | 246,74 | a |
| GF-120 (dilution 1:5) | 69,8 | a | 86,25 | a | 5,55 | a | 250,90 | a |
| GF-120 (dilution de 1:33) | 69,8 | a | 84,35 | a | 6,02 | a | 268,25 | a |
| Valeur de P | 0,1103 | | 0,6504 | | 0,3551 | | 0,3462 | |

Tableau 2. Récolte totale (kg) et récolte commercialisable (kg et % du nombre) pour l'essai portant sur le rutabaga en 2014. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

| Traitements | Récolte totale | | Récolte commercialisable | | | |
|------------------------|----------------|---|--------------------------|---|---------------|----|
| | kg | | % | | kg | |
| Témoin non traité | 9,63 | a | 44,49 | c | 4,54 | c |
| Filet anti-insecte | 11,53 | a | 93,88 | a | 10,94 | a |
| GF-120 (dilution 1:5) | 10,85 | a | 45,52 | c | 4,89 | bc |
| GF-120 (dilution 1:33) | 11,31 | a | 56,85 | b | 6,11 | b |
| Valeur de P | 0,3402 | | 0,0001 | | 0,0001 | |

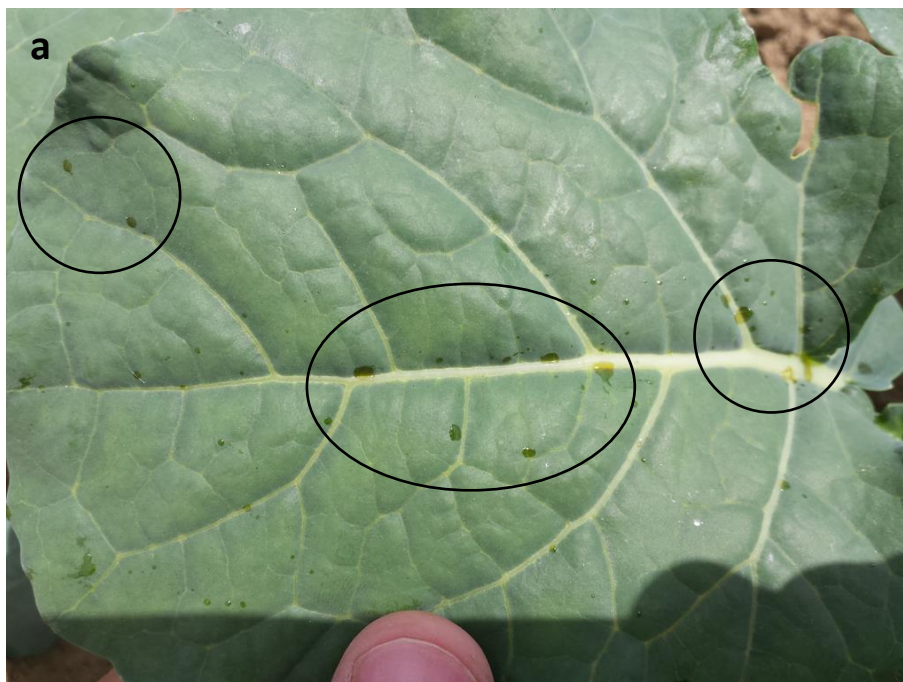


Figure 14a et 14 b. Résidus de GF-120 (dilution 1:5) sur une feuille de brocoli (a) et de rutabaga (b), 24 heures après l'application. Sur la figure 14 b, on voit une mouche s'apparentant à la mouche du chou en train de s'abreuver sur un des résidus.

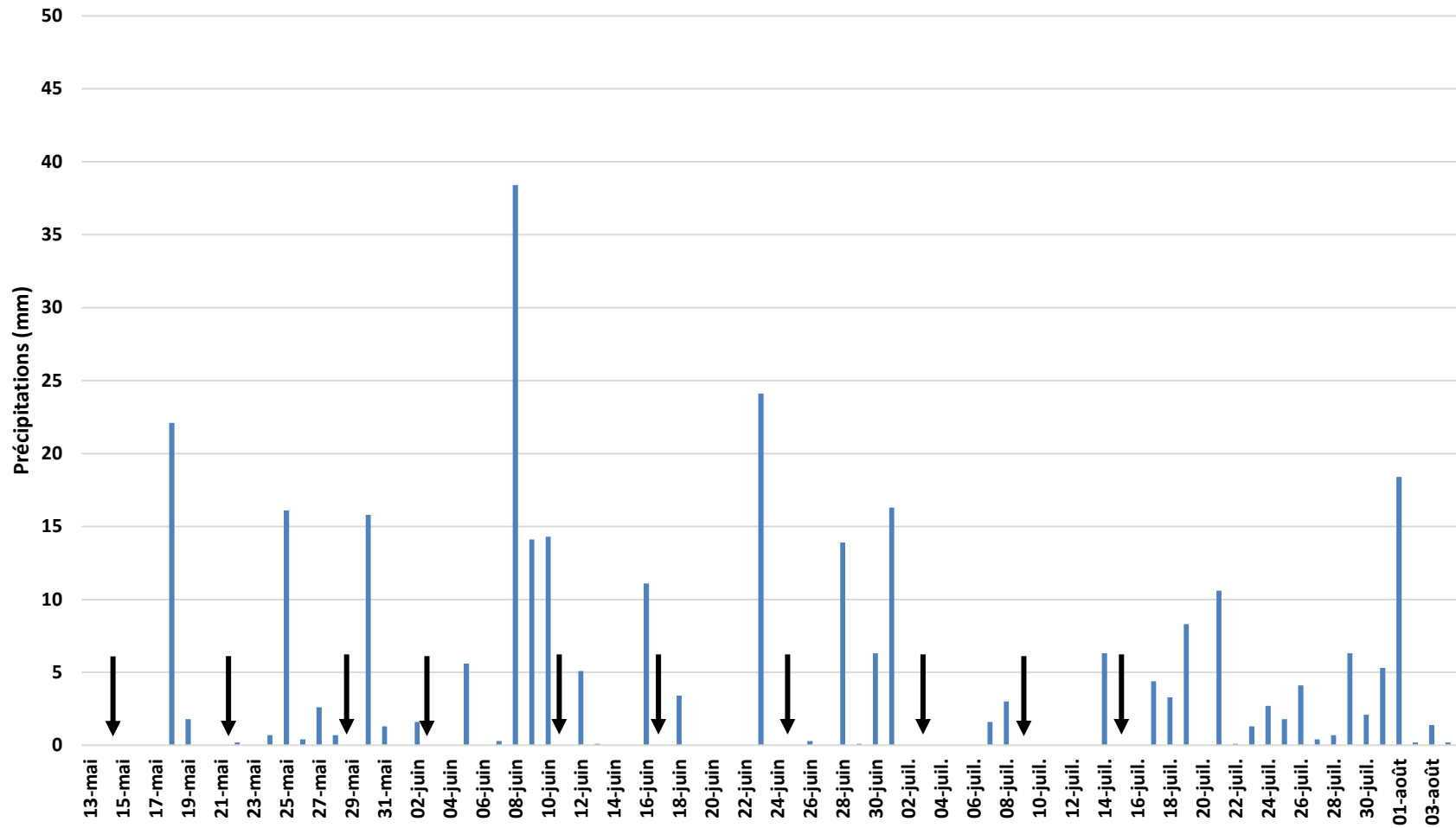


Figure 15. Évolution des précipitations (mm) sur le site d'essai lors de la saison 2015. Les flèches noires indiquent les moments où ont eu lieu des applications de GF-120.

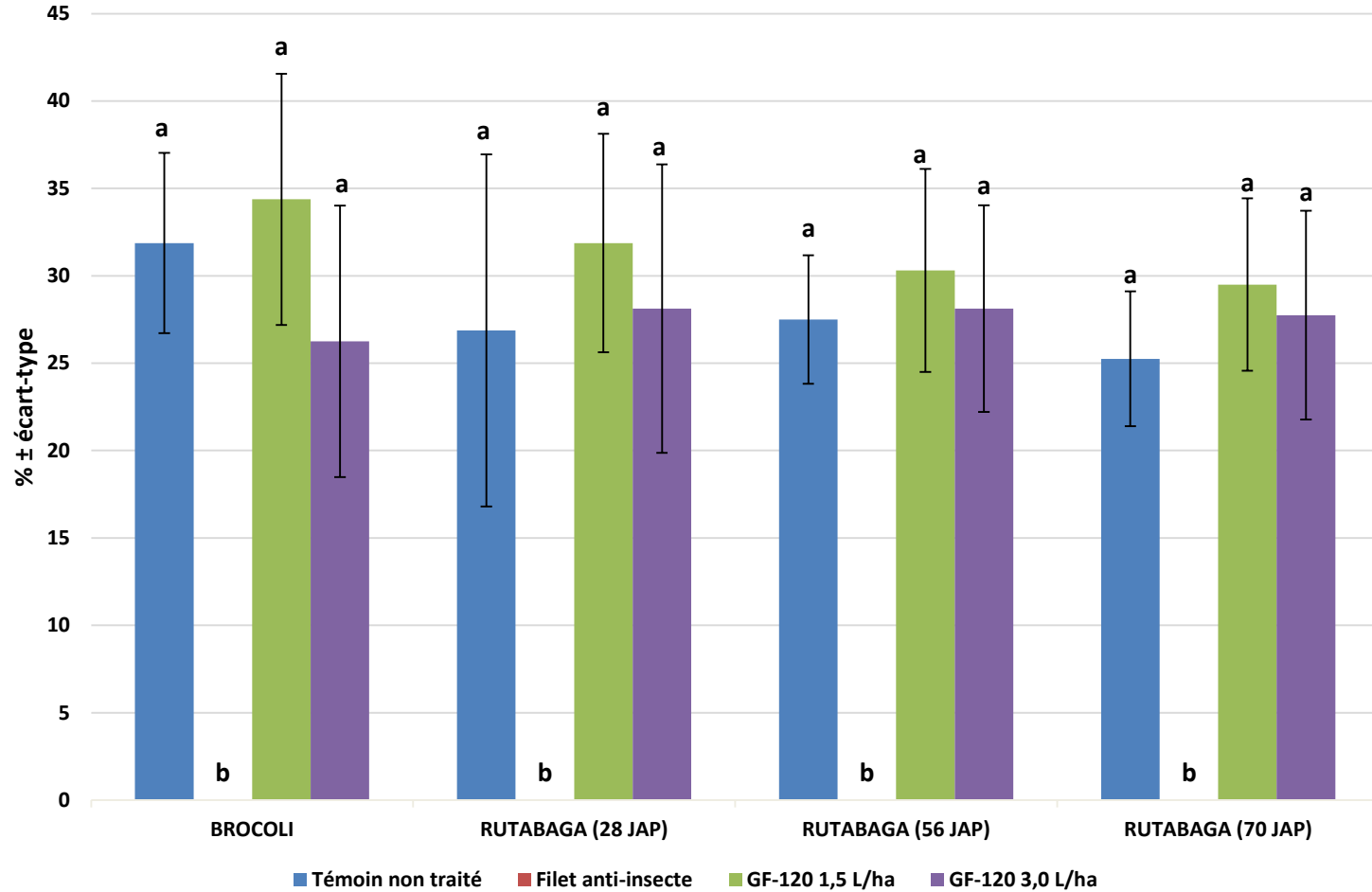


Figure 16. Pourcentage cumulé de plants porteurs d’œufs pour les deux cultures en 2015. JAP = jours après la plantation. Les moyennes suivies d’une même lettre, pour une même culture, ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

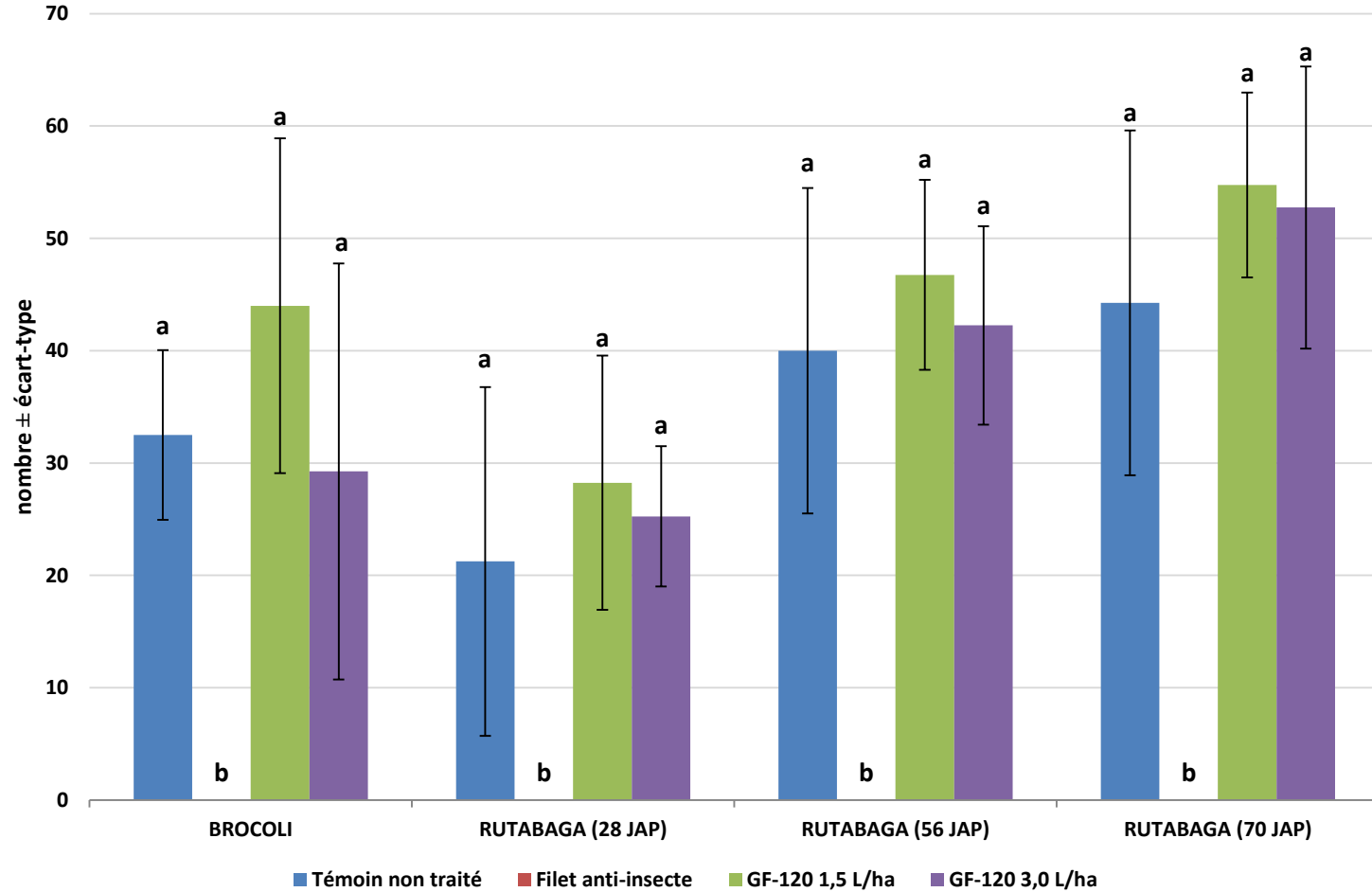


Figure 17. Nombre d’œufs total retrouvé dans les parcelles pour les deux cultures en 2015. JAP = jours après la plantation. Les moyennes suivies d’une même lettre, pour une même culture, ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

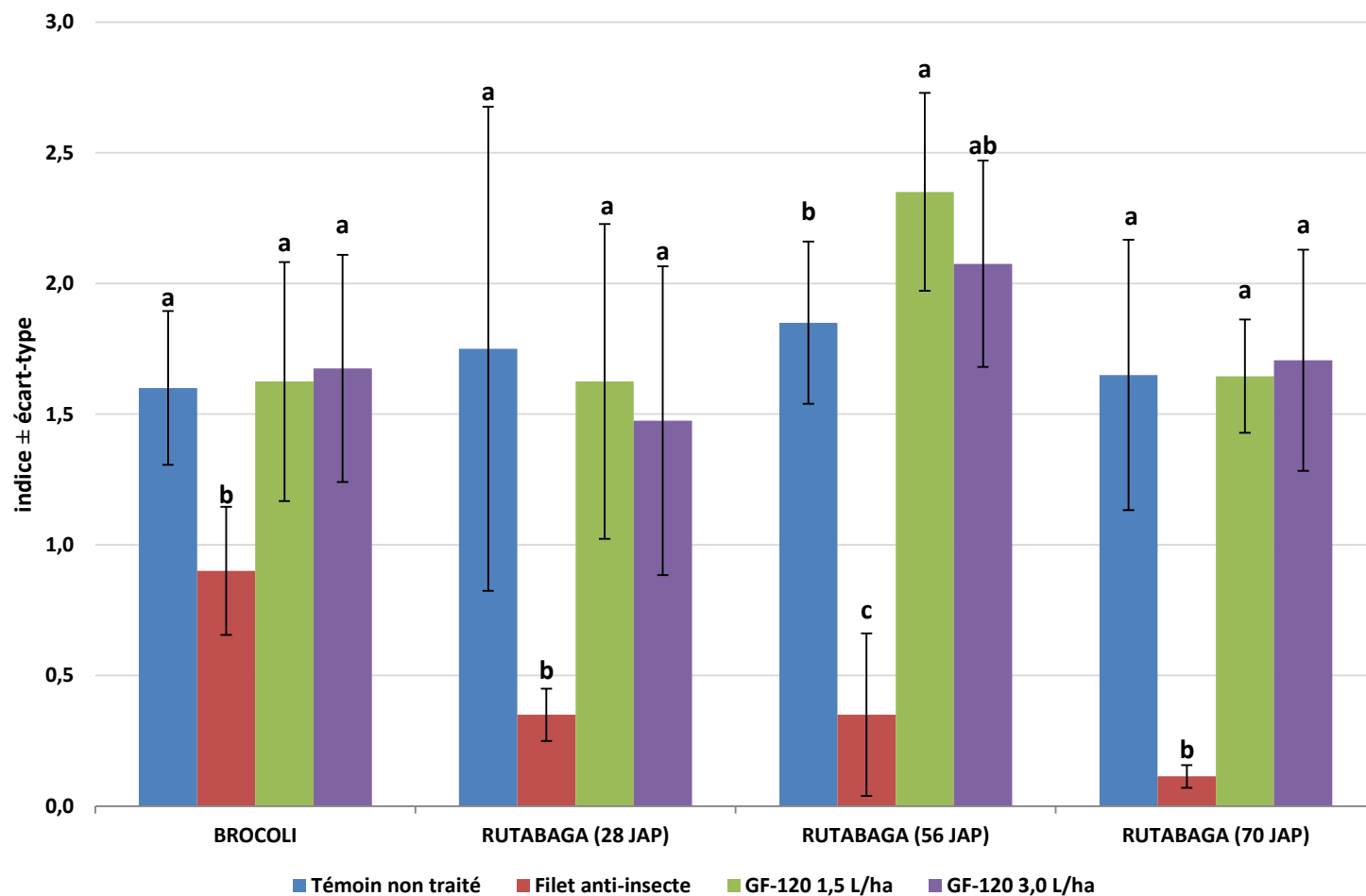


Figure 18. Indice de dommage moyen causé par les larves de la mouche du chou sur les racines de brocolis et de rutabagas en 2015. JAP = jours après la plantation. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

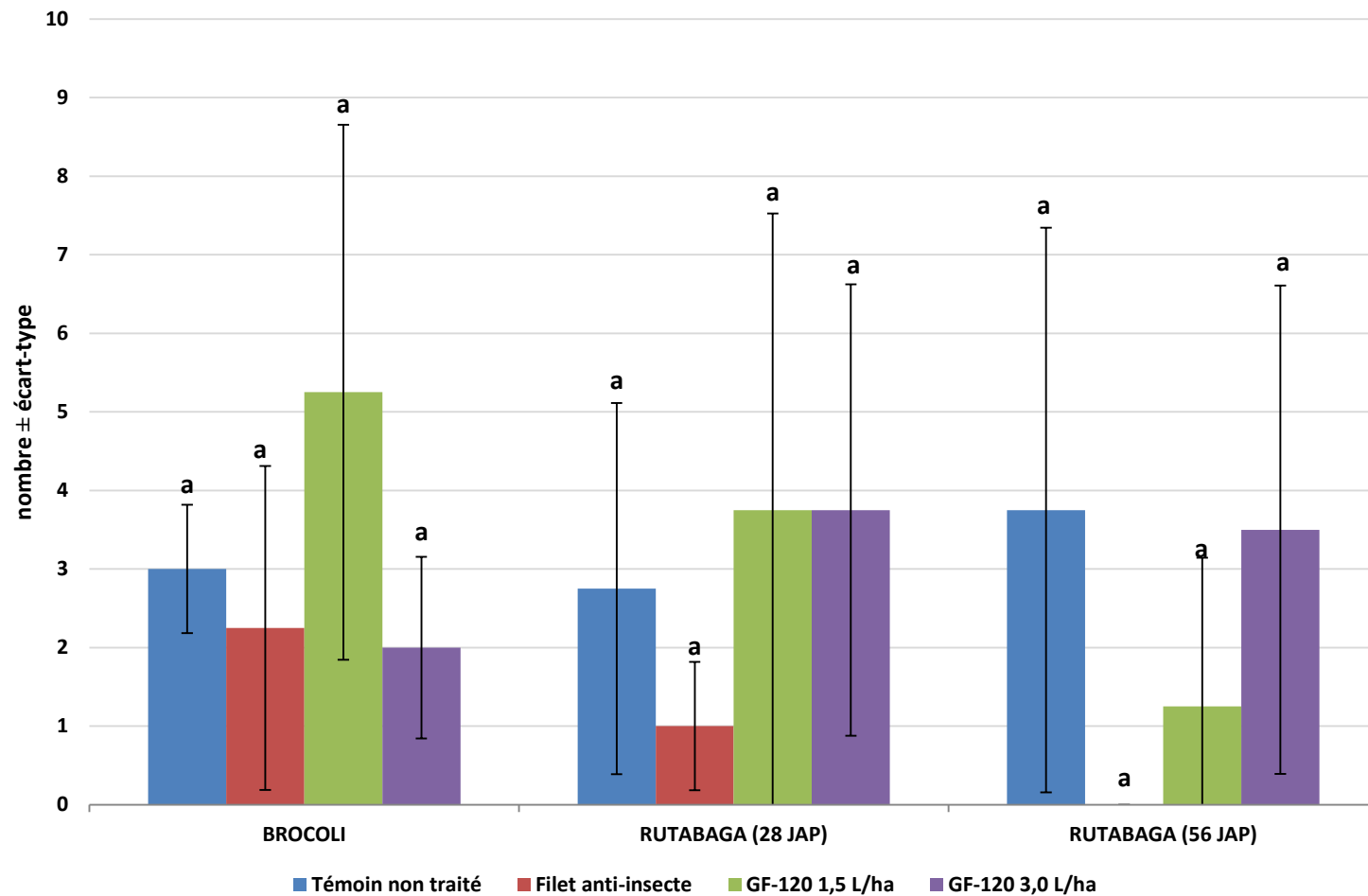


Figure 19. Spécimens de mouche du chou (larves et pupes confondues) retrouvés sur les racines de brocolis et de rutabagas en 2015. JAP = jours après la plantation. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

Tableau 3. Répartition des dommages causés par les larves de la mouche du chou sur les brocolis en 2015. Les moyennes pour un même indice suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

| Traitements | Pourcentage de plants dans chacune des catégories de dommage | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|
| | Indice 0 | | Indice 1 | | Indice 2 | | Indice 3 | | Indice 4 | |
| | Aucun dommage | | < 10 % | | 11-25 % | | 26-50 % | | 51-75 % | |
| Témoin non traité | 20,00 | b | 30,00 | a | 25,00 | a | 20,00 | a | 5,00 | a |
| Filet anti-insecte | 40,00 | a | 37,50 | a | 15,00 | a | 7,50 | a | 0,00 | a |
| GF-120 1,5 L/ha | 17,50 | b | 42,50 | a | 15,00 | a | 12,50 | a | 10,00 | a |
| GF-120 3,0 L/ha | 12,50 | b | 42,50 | a | 20,00 | a | 15,00 | a | 10,00 | a |

| | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valeur de P | 0,0198 | 0,7737 | 0,3569 | 0,7032 | 0,3569 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|

Tableau 4. Répartition des dommages causés par les larves de la mouche du chou sur les rutabagas en 2015, 28 jours après la plantation. Les moyennes pour un même indice suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

| Traitements | Pourcentage de plants dans chacune des catégories de dommage | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|
| | Indice 0 | | Indice 1 | | Indice 2 | | Indice 3 | | Indice 4 | |
| | Aucun dommage | | < 10 % | | 11-25 % | | 26-50 % | | 51-75 % | |
| Témoin non traité | 22,50 | b | 22,50 | a | 25,00 | a | 20,00 | a | 7,50 | a |
| Filet anti-insecte | 67,50 | a | 30,00 | a | 2,50 | a | 0,00 | a | 0,00 | a |
| GF-120 1,5 L/ha | 22,50 | b | 27,50 | a | 27,50 | a | 10,00 | a | 12,50 | a |
| GF-120 3,0 L/ha | 30,00 | b | 30,00 | a | 15,00 | a | 12,50 | a | 12,50 | a |

| | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valeur de P | 0,0034 | 0,6532 | 0,0546 | 0,1431 | 0,3857 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|

Tableau 5. Répartition des dommages causés par les larves de la mouche du chou sur les rutabagas en 2015, 56 jours après la plantation. Les moyennes pour un même indice suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

| Traitements | Pourcentage de plants dans chacune des catégories de dommage | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|---------------|---|---------------|----|---------------|---|---------------|---|
| | Indice 0 | | Indice 1 | | Indice 2 | | Indice 3 | | Indice 4 | |
| | Aucun dommage | | < 10 % | | 11-25 % | | 26-50 % | | 51-75 % | |
| Témoin non traité | 22,50 | b | 25,00 | a | 15,00 | bc | 22,50 | a | 12,50 | a |
| Filet anti-insecte | 80,00 | a | 10,00 | a | 5,00 | c | 5,00 | a | 0,00 | a |
| GF-120 1,5 L/ha | 5,00 | c | 17,50 | a | 27,50 | ab | 37,50 | a | 12,50 | a |
| GF-120 3,0 L/ha | 5,00 | c | 25,00 | a | 37,50 | a | 27,50 | a | 0,00 | a |
| Valeur de P | < 0,0001 | | 0,4865 | | 0,0162 | | 0,0991 | | 0,0877 | |

Tableau 6. Répartition des dommages causés par les larves de la mouche du chou sur les rutabagas en 2015, 70 jours après la plantation. Les moyennes pour un même indice suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

| Traitements | Pourcentage de plants dans chacune des catégories de dommage | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|---------------|---|---------------|---|---------------|---|---------------|---|
| | Indice 0 | | Indice 1 | | Indice 2 | | Indice 3 | | Indice 4 | |
| | Aucun dommage | | < 10 % | | 11-25 % | | 26-50 % | | 51-75 % | |
| Témoin non traité | 18,13 | b | 33,13 | a | 23,13 | a | 16,88 | a | 8,75 | a |
| Filet anti-insecte | 91,10 | a | 7,00 | b | 1,27 | b | 0,63 | b | 0,00 | a |
| GF-120 1,5 L/ha | 15,52 | b | 34,38 | a | 25,78 | a | 18,67 | a | 5,64 | a |
| GF-120 3,0 L/ha | 19,22 | b | 28,06 | a | 24,22 | a | 20,44 | a | 7,44 | a |
| Valeur de P | < 0,0001 | | 0,0009 | | 0,0073 | | 0,0288 | | 0,2144 | |

Tableau 7. Nombre de jours requis avant la récolte, pourcentage de brocoli commercialisable, poids total de la récolte et poids par brocoli commercialisable obtenus en 2015. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

| Traitements | Nombre de jours avant maturité | | Biomasse foliaire totale par parcelle (kg) | | Récolte commercialisable totale par parcelle (kg) | | Poids moyen des brocolis commercialisables (g) | | Proportion des brocolis commercialisables (%) | |
|--------------------|--------------------------------|---|--|---|---|---|--|----|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| Témoin non traité | 76,95 | a | 6,73 | a | 2,36 | a | 268 | ab | 87,50 | a |
| Filet anti-insecte | 72,90 | b | 6,72 | a | 2,17 | a | 241 | b | 90,00 | a |
| GF-120 1,5 L/ha | 78,33 | a | 6,49 | a | 2,34 | a | 285 | a | 82,50 | a |
| GF-120 3,0 L/ha | 76,55 | a | 6,70 | a | 2,15 | a | 298 | a | 77,50 | a |
| Valeur de P | 0,0041 | | 0,9257 | | 0,6329 | | 0,0379 | | 0,1066 | |