

08/06/2020-28/08/2020

Mise en place d'un essai de lutte alternative contre la mouche du brou

Axelle Frantz – Agrocampus Ouest site d'Angers
Chambre d'Agriculture de la Dordogne
Maître de stage : Didier Méry

RESUME

La mouche du brou *Rhagoletis completa* est un ravageur majeur du noyer qui peut causer jusqu'à 80 % de dégâts dans les noyeraies (Duso et Dal Lago, 2006 ; CTIFL, 2011 ; Verheggen *et al.*, 2017). Les mouches pondent dans le brou dont se nourrissent ensuite les larves (Boyce, 1934). L'arrivée de cette mouche des fruits étant récente en France (Martinez *et al.*, 2014), les solutions de lutte efficaces sont peu nombreuses, surtout en agriculture biologique. Dans cette étude, nous avons testé l'efficacité d'une méthode de lutte alternative contre ce diptère et applicable à tous les modes de conduite. L'itinéraire technique qui a été retenu pour l'essai est une alternance spatiale d'un traitement répulsif et d'un traitement qui combine une substance attractive pour la mouche et un insecticide. Les deux produits utilisés dans cette expérimentation sont le Syneïs appât® (un insecticide avec attractif) et l'argile SOKALCIARBO® WP qui constitue une barrière physique sur les noix, ce qui limite les pontes de la mouche dans le brou. L'itinéraire technique a été suivi durant plus de deux mois, pendant la période d'activité de l'insecte. L'exceptionnelle faible pression de la mouche du brou en cette année 2020 en Dordogne est cependant un frein à l'expérimentation et explique l'obtention de résultats non significatifs. Cette situation empêche de pouvoir formuler des conclusions quant à l'efficacité du nouvel itinéraire technique proposé.

ABSTRACT

The walnut husk fly *Rhagoletis completa* is a major pest of walnut that can cause up to 80% damage in walnut groves (Duso et Dal Lago, 2006 ; CTIFL, 2011 ; Verheggen *et al.*, 2017). The flies lay their eggs in the brush and the larvae feed on them (Boyce, 1934). As the emergence of this fruit fly is recent in France (Martinez *et al.*, 2014), there are only few effective control solutions, especially in organic agriculture. In this study, we tested the effectiveness of an alternative control method against this diptera and which is applicable according to organic and non-organic agriculture. The crop management technique that was chosen for the trial is a spatial alternation of a repellent treatment and a treatment combining an attractive substance for the walnut husk fly and an insecticide. The two products used in this experiment are Syneïs appât® (insecticide with attractant) and the clay SOKALCIARBO® WP, which allows the application of a physical barrier on the nuts, which limits the fly's eggs laying in the moss. The crop management technique was followed for more than two months, during the period of the insect activity. The exceptionally low pressure of the walnut husk fly in this year 2020 in Dordogne is however a brake to the experimentation and explains the insignificant results obtained. This situation makes it impossible to draw conclusions about the effectiveness of the proposed new crop management technique.

Mots-clés : *Rhagoletis completa*, méthode de lutte alternative, insecticide avec appât, argile

Keywords : *Rhagoletis completa*, alternative control method, bait and insecticide, clay

INTRODUCTION

Rhagoletis completa (mouche du brou) est un ravageur émergent appartenant à la famille des Tephritidae (mouches des fruits) originaire d'Amérique et décrit pour la première fois en 1929 (Cresson, 1929). Elle est observée en France dès 2007 (Martinez *et al.*, 2014) et est aujourd'hui soumise à un plan de surveillance obligatoire mais n'a plus le statut de ravageur de lutte obligatoire. Ce diptère d'environ 6mm (fig.1) cause en effet de graves dégâts dans les parcelles de noyers. Bien qu'il ne soit pas nocif pour l'arbre en lui-même, il pond dans le brou des noix, ce qui entraîne des pertes de récolte car les larves se développent dans le brou et s'en nourrissent. Les attaques se caractérisent par un ramollissement du brou, une coque tâchée, un cerneau coloré et de moins bonne qualité gustative (moins aromatique, moins croquant et plus sec), ce qui entraîne un déclassement voire une chute de la noix (Boyce, 1934, Solar *et al.*, 2019). Les dégâts constatés sur des parcelles non traitées peuvent représenter jusqu'à 80% de perte en cas de forte pression et ce dès la première année d'introduction de la mouche (Duso et Dal Lago, 2006 ; CTIFL, 2011 ; Verheggen *et al.*, 2017). En raison de l'augmentation rapide de sa population, il est possible d'observer plus de 90% de dégâts dès la deuxième année de présence de la mouche (Duso et Dal Lago, 2006) et il faut finalement entre 2 et 3 ans à ce diptère pour réduire pratiquement à néant la production d'une parcelle non traitée après son introduction dans un verger (CTIFL, 2011).



Figure 1 : photographie d'une mouche du brou *Rhagoletis completa* (source : SENURA)

La durée de vie de la mouche du brou dépend directement de la température (Kasana et AliNiazee, 1996). En considérant une moyenne de températures estivales de 20°C en Dordogne, (climate-data, 2020), la mouche du brou a une durée de vie moyenne de 65 jours (Kasana et AliNiazee, 1996). Elle se multiplie à hauteur d'une génération par an (Duso et Dal Lago, 2006). C'est un ravageur très spécialisé qui n'attaque presque que les arbres du genre *Juglans* (Bush, 1966). Son cycle débute en juin, avec l'émergence des adultes. Le pic de vol se déroule généralement fin juillet, pendant le remplissage du cerneau. Chaque femelle pond entre au maximum 400 œufs (Boyce, 1934) répartis dans environ 20 noix (ANSES, 2014). Comme pour beaucoup d'espèces du genre *Rhagoletis*, la femelle marque olfactivement la noix lors de la ponte, limitant ainsi la ponte d'autres de son espèce, (Cirio 1972, Prokopy *et al.*, 1976). Les œufs éclosent entre 4 et 7 jours (Kasana et AliNiazee, 1994). Les larves se nourrissent du brou pendant trois à cinq semaines, puis deviennent matures et

tombent sur le sol avec la noix (fig. 2) où elles s'enterrent à environ 2,5cm de profondeur et continuent leur développement sous forme de pupes. (Kasana et AliNiazee, 1996)



Figure 2 : photographie de larves de *Rhagoletis completa* dans le brou d'une noix (source : A. Frantz, 2020)

Actuellement, plusieurs stratégies d'interventions contre la mouche du brou sont développées : l'utilisation d'insecticides, d'insecticide avec appât, la mise en place d'une barrière physique ou le piégeage massif (Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne, Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne, 2020). La lutte par confusion sexuelle est une piste explorée dans les recherches actuelles mais qui n'est pas encore aboutie (Larsy, 2017). En revanche, l'utilisation de phéromones femelles dans le but de dissuader la ponte n'est pour l'instant pas concluante. Effectivement, cette méthode a été testée contre *Rhagoletis cerasi* et les femelles exposées durant une période trop importante à ces phéromones ignorent ces volatils et pondent malgré leur présence (Alluja et Boller, 1992). Les différents produits phytosanitaires utilisés actuellement pour la lutte contre la mouche du brou sont décrits en annexe (annexe 1).

Le manque d'homologations de solutions efficaces contre la mouche du brou en agriculture biologique est problématique pour les producteurs. A ce jour, seuls l'argile commercialisé sous le nom de SOKALCIARBO® WP par Agrisynergie, le

Success 4™ et le Syneïs appât® (sous dérogation) commercialisés par Dow Agrosiences sont utilisables selon ce mode de conduite (Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne, Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne 2020). Le premier permet l'application d'une barrière physique en blanchissant les noix, ce qui désoriente la mouche dans sa recherche de brou (Agrisynergie, 2016). Le kaolin est appliqué sur le feuillage de l'arbre. Cependant, ce produit est souvent insuffisant car il ne permet que de repousser les mouches (soit vers d'autres noyers soit vers des noix moins recouvertes d'argile). Le ravageur n'est pas détruit et la pression de la mouche n'est pas diminuée au cours des années. Puisque *Rhagoletis completa* attaque presque exclusivement les arbres du genre *Juglans*, il n'est pas possible de le repousser vers d'autres végétaux, comme dans une friche ou forêt environnante. Le Success 4™ est un insecticide qui s'applique sur la totalité de la frondaison des arbres. Le Syneïs appât® est quant à lui un insecticide avec appât dont la matière active est le spinosad (il contient 99,98% de protéines attractives et 0,02% d'insecticide). Bien qu'il soit autorisé sous dérogation en agriculture biologique, il reste dangereux, notamment pour la faune auxiliaire (ANSES, 2020). Une application très raisonnée est à privilégier. Plusieurs modes d'application sont aujourd'hui utilisés : le Syneïs appât® est parfois pulvérisé sur environ un tiers de l'arbre grâce à des atomiseurs classiques ou à la lance et peut aussi être utilisé en application ultra-localisée (représentant environ 25cm² par arbre). Tout comme l'argile, son efficacité ne dépend pas de l'âge de l'arbre.

Le but de l'étude menée durant l'été 2020 est de réaliser un essai de lutte contre la mouche du brou *Rhagoletis completa* en vergers de noyers. Dans cet essai, le Syneïs appât® et l'argile SOKALCIARBO®

WP sont utilisés dans la mise en place d'un itinéraire technique qui se veut plus respectueux de l'environnement que l'utilisation de Syneïs appât® seul et plus efficace que l'application seule d'argile. Effectivement, même un insecticide avec appât spécifique à un ravageur est susceptible d'impacter d'autres insectes. L'argile seul ne suffit pas à repousser la mouche hors du verger. La stratégie envisagée est de repousser *Rhagoletis completa* pour l'attirer à un autre endroit où l'insecte sera détruit. L'utilisation du Syneïs appât® permet la modification du comportement de ce diptère en l'attirant à un endroit voulu en utilisant un attractif alimentaire. Il est effectivement possible de perturber la distribution naturelle des mouches des fruits dans une parcelle par des stimuli qui attirent cet insecte ; cette technique est utilisée dans d'autres systèmes de cultures contre d'autres espèces du genre *Rhagoletis* (Bostanian et Racette, 2001 ; Cheng *et al.*, 2019). Cette méthode de lutte (l'attraction d'un ravageur à un point précis pour le détruire à cette endroit) appelée attract and kill est complétée par un effet push pull. Ce dernier est une stratégie de répulsion des ravageurs qui vise à modifier leurs comportements en les incitant à se rendre sur une plante piège ou dans les bordures de rangs en perturbant notamment la destination du ravageur (Zhang *et al.*, 2013). Cette stratégie permet donc de contrôler la distribution du nuisible. Dans le cas de cet essai, le but sera de repousser la mouche vers les arbres traités au Syneïs appât® afin de les tuer. La combinaison des stratégies attract and kill et push-pull est une méthode de lutte déjà utilisée sur d'autres systèmes de culture. Elle a été par exemple mise en place contre *Empoasca flavescens* F. (cicadelle verte) qui attaque les plants de thé (Han *et al.*, 2020). Dans ce cas-ci, les deux méthodes étaient combinées à l'échelle d'un plant et non d'une parcelle entière. Dans l'essai décrit dans cette étude, la combinaison des deux

méthodes est mise en place à l'échelle du verger et non d'un arbre, car il est trop contraignant pour le producteur de traiter deux parties d'un arbre différemment. L'objectif est donc de créer un environnement où il est difficile pour la mouche de pondre ; cherchant une noix pour y déposer ses œufs, elle sera finalement attirée par le Syneïs appât® et se déposera sur la feuille ou le fruit où l'attractif et l'insecticide sont concentrés.

MATERIEL ET METHODES

L'essai prend place chez quatre producteurs du réseau DEPHY Noix Dordogne. La surveillance de la présence de la mouche et son suivi (monitoring) se font grâce à des plaques engluées jaunes disposées dans des endroits stratégiques dans les parcelles.

Parcelles retenues

Les quatre parcelles retenues pour mener cet essai sont homogènes en leur sein, c'est-à-dire qu'une parcelle ne comprend qu'une variété. L'essai est mis en place sur des noyers de variétés *Chandler* (parcelle 1), *Fernor* (parcelles 2 et 4) et *Lara* (parcelle 3). La variété *Lara*, variété précoce, est connue pour être naturellement plus sensible à la mouche du brou (CTIFL, 2011). Les quatre parcelles ont des surfaces entre 1 et 8.7 hectares avec au minimum 13 rangs et sont toutes composées d'arbres de faible hauteur, c'est-à-dire de noyers de moins de 5m sur lesquels les fruits sont observables depuis le sol. Les parcelles 2 et 4 sont conduites en agriculture biologique et les autres en conventionnel. La distance la plus courte entre deux parcelles de l'essai est de 47km et les vergers sont donc tous indépendants. Les traitements mis en place dans une parcelle n'influencent pas la pression de la mouche sur une autre.

Mise en œuvre

La fréquence spatiale de traitements retenue est de trois rangs de noyers traités à l'argile uniquement encadrés de part et d'autre d'un rang traité au Syneïs appât uniquement. Il a été décidé d'attribuer un traitement par rang afin de ne pas compliquer les passages pour applications de produits du producteur. Aucune donnée bibliographique n'étant disponible pour le choix de l'alternance optimale, il a été réalisé en rassemblant les avis d'ingénieurs de la station expérimentale de Creysse (station expérimentale de la Noix), du conseiller en arboriculture de la Chambre d'Agriculture de la Dordogne et de techniciens de coopératives nucicoles. Les deux produits sélectionnés sont appliqués selon les fiches techniques d'application disponibles en annexe (annexe 2). Les parcelles sélectionnées pour l'essai sont divisées en deux sous-parcelles. Dans la première, des répétitions d'alternances des deux produits sont disposées sur les rangs des différentes parcelles en respectant un minimum de deux répétitions par parcelle, dans le but de créer un environnement caractérisé par la répulsion de l'argile et l'attraction du Syneïs appât. L'itinéraire technique habituel du producteur est suivi dans la deuxième sous-parcelle et est utilisé comme témoin pour chaque parcelle. La disposition des itinéraires techniques sur les rangs des quatre vergers sélectionnés peut être retrouvée en annexe (annexe 3). Il a été irréalisable d'instaurer un témoin non traité commun à toutes les parcelles car cela représentait une trop grande perte potentielle de rendement pour les producteurs. Il est donc impossible de comparer les parcelles entre elles. Les itinéraires techniques des producteurs (auxquels seront comparés l'itinéraire technique proposé) sont au nombre de 4. Le premier est l'application d'imidan (insecticide dont la matière active est le phosmet à 50g/kg) sur la totalité du verger

(parcelle 1). Le deuxième itinéraire technique est l'application de Syneïs appât® uniquement (parcelle 2). Le troisième est l'application d'imidan en plus de Syneïs appât® (parcelle 3). Le dernier est la superposition d'argile SokalciArbo WP et de Syneïs appât® (sur tous les arbres) (parcelle 4). Le calendrier de traitement des producteurs (qui contient également les doses des produits appliqués) peut être retrouvé en annexe (annexe 4).

Protocole de notation

Les notations furent réalisées du 24 au 27 août 2020, en fin de vol de la mouche du brou mais avant la récolte. Les noix sont observées depuis le sol, la méthode de notation est non destructrice. Durant les mois de juin, juillet et août, des dissections de noix ont été régulièrement effectuées dans le but d'établir des corrélations entre des symptômes externes du brou et leurs causes. Ainsi, il a été déterminé que des tâches noires sur le brou (qui peuvent être des symptômes d'attaques de la mouche du brou) peuvent en réalité avoir quatre origines différentes (fig. 3). La présence de larves de mouches du brou dans la noix se caractérise par l'apparition d'une zone noire turgescence. Ce symptôme se différencie d'une tache noire due à un coup de soleil par l'emplacement du symptôme : un coup de soleil est toujours sur la face orientée vers le ciel et la tâche est moins turgescence. Il ne doit pas être non plus confondu avec une infection de *Colletotrichum gloeosporioides*, champignon du type anthracnose. Les taches de cette maladie sont également noires mais présentent des points plus rosés, témoins de la présence du champignon. Les zones malades ne sont pas turgescences. Les symptômes de présence de mouche du brou peuvent aussi être parfois confondus avec de la bactériose. Cette maladie débute toujours par la pointe apicale de la noix.

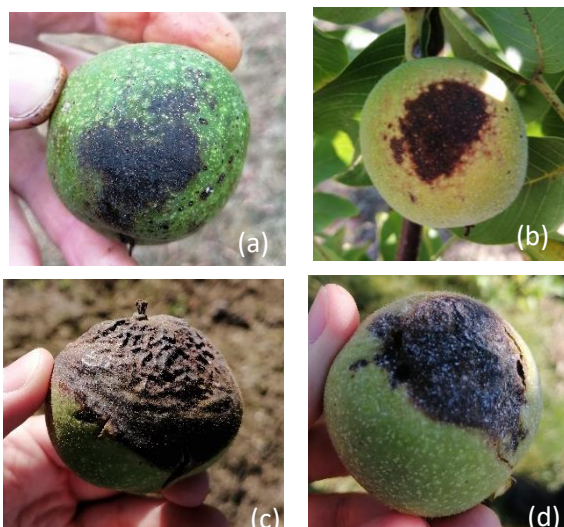


Figure 3 : Photographies de noix présentant des symptômes de (a) présence de larves de la mouche du brou, (b) brûlures de la noix ou coup de soleil, (c) *Colletotrichum gloeosporioides*, (d) bactériose. Source photos : A. Frantz, 2020

Le fait de réaliser ces observations de manière régulière permet de s'assurer que les symptômes n'évoluent pas selon l'avancée de la saison. Avant chaque comptage, une dissection de 15 à 20 noix a également été réalisée afin de valider ces diagnostics pour cette journée. En cas de doute sur l'origine des symptômes observés sur une noix, le fruit était ouvert et le brou retiré pour y chercher des larves ou comprendre l'origine du noircissement du brou.

Les noix sont observées dans les zones où l'itinéraire technique à tester est appliqué (à la fois sur les rangs traités au Syneïs appât® et sur les rangs traités à l'argile) et dans les zones où la modalité « itinéraire habituel du producteur » a été appliquée. Dans la sous-parcelle où l'itinéraire technique à tester a été mis en place, le nombre de noix comptées par type de rang est proportionnel au nombre de rangs de ce type dans la sous-parcelle. Ainsi, le nombre de noix comptées sur les rangs traités au

Syneïs appât® est proportionnel au nombre de rangs de noyers sur lesquels est appliqué ce traitement et de même pour l'argile. La distinction a également été faite entre les rangs traités à l'argile directement à proximité de ceux au Syneïs et les rangs traités à l'argile entourés de rangs qui suivent le même traitement. Les rangs aux extrémités des sous-parcelles sont toujours exclus des notations pour éviter les effets bordures. Les notations ne se font également jamais en bout de rang mais plutôt en milieu des sous-parcelles.

Dans chaque verger, 1000 noix sont comptées par modalité (1000 pour la modalité alternance et 1000 pour la modalité itinéraire technique habituel du producteur). Le comptage des noix se fait en suivant une charpentière d'un arbre et en notant le nombre de noix qui présentent des symptômes d'une attaque de la mouche du brou et le nombre de noix qui n'en présentent pas. Il est veillé à ce que les charpentières choisies ne soient pas toujours disposées selon la même exposition afin d'éviter un effet de ce facteur. Seules les noix saines ou comportant peu de dégâts sont comptées. Les noix trop endommagées par un autre ravageur ou une maladie ne sont pas prises en compte car la mouche ne pond pas dans ces noix. Elle préfère en effet des noix au brou intact, la larve s'y développant plus facilement puisque davantage de ressources alimentaires sont à disposition.

Interprétation statistique des résultats

L'interprétation des résultats se fait sur le logiciel R grâce à un test de Fisher (les conditions de réalisation du Khi-test ne sont pas remplies, les effectifs théoriques certaines classes étant inférieures à 5). On compare ici la répartition de noix touchées par la mouche du brou entre les zones où la modalité « alternance » (itinéraire technique testé) est appliquée et celle où la modalité « pratique du producteur »

(itinéraire technique témoin) est mise en place. La variable d'intérêt est l'état de la noix, variable qualitative qui peut prendre les valeurs « présence de symptômes d'attaques de la mouche du brou » et « absence de symptômes d'attaques de la mouche du brou ». Le but est de déterminer si l'itinéraire technique proposé est plus efficace pour la protection des noix contre la mouche du brou que l'itinéraire technique mis en place par le producteur. Les quatre parcelles sont interprétées indépendamment et il n'est pas possible de les comparer entre elles du fait de l'absence d'un témoin commun.

RESULTATS

Les suivis des piégeages de la mouche du brou sur chaque parcelle peuvent être retrouvés en annexe (annexe 5). La pression de la mouche est faible en cette année 2020 (la tendance a été observée dans toute la région notamment lors de rencontres du Groupe technique Noix du Sud-Ouest qui rassemble des acteurs de la filière de la région).

Les résultats des observations des noix sur chaque parcelle sont décrits dans les tableaux 1 à 4. Les p-valeurs associées aux tests de Fisher sont aussi indiquées.

Tableau 1 : nombre de noix présentant ou non des symptômes d'attaque de mouche du brou en fonction de l'itinéraire technique dans la parcelle 1 (A-SA signifie Argile-Syneïs appât)

Itinéraire technique	Présence	Absence
Alternance A-SA	2	998
Témoin	0	1000

p-valeur = 0,4997

Tableau 2 : nombre de noix présentant ou non des symptômes d'attaque de mouche du brou en fonction de l'itinéraire technique dans la parcelle 2 (A-SA signifie Argile-Syneïs appât)

Itinéraire technique	Présence	Absence
Alternance A-SA	0	1000
Témoin	1	999

p-valeur = 1

Tableau 3 : nombre de noix présentant ou non des symptômes d'attaque de mouche du brou en fonction de l'itinéraire technique dans la parcelle 3 (A-SA signifie Argile-Syneïs appât)

ITK	Présence	Absence
Alternance A-SA	0	1000
Témoin	0	1000

Tableau 4 : nombre de noix présentant ou non des symptômes d'attaque de mouche du brou dans la parcelle 4 (A-SA signifie Argile-Syneïs appât)

ITK	Présence	Absence
Alternance A-SA	0	1000
Témoin	0	1000

Les résultats des tests de Fisher réalisés avec R montrent les résultats de p-valeur supérieurs à 0.05 pour les deux premières parcelles. Le test est irréalizable pour les deux dernières du fait de l'absence de

symptômes sur la totalité des noix. De ce fait, pour les quatre parcelles, les analyses statistiques ne permettent pas de conclure que les différents itinéraires techniques menés par les producteurs sont significativement plus efficaces que l'itinéraire technique proposé.

DISCUSSION

La faible pression de *Rhagoletis completa* cette année a fortement influencé les résultats obtenus et cela peut expliquer qu'ils ne soient pas significatifs. Le suivi peu régulier des mêmes parcelles à ce jour empêche de fournir des chiffres sur la différence de pression de la mouche d'une année sur l'autre. Le manque de recul par rapport à ce ravageur, notamment parce que son apparition en France est récente, est à l'origine du manque de connaissances à son sujet. Les conditions optimales à son développement sont encore aujourd'hui mal connues. Il n'y a pour l'instant pas d'explication à la non-émergence du ravageur. Quelques théories peuvent cependant être évoquées. L'été particulièrement chaud a pu diminuer le nombre de pontes de la mouche du brou. La température moyenne de 20°C qui a été observée pendant juin, juillet août 2020 est une température favorable à la ponte de la mouche selon la littérature (Kasana, AliNiasee, 1994). En revanche, des forts pics de chaleur plus prononcés que les années précédentes ont eu lieu et il est pertinent de s'interroger quant à l'influence de ces pics sur la survie, la reproduction ou la ponte de la mouche. Les conditions climatiques hivernales sont aussi à étudier puisque les larves passent l'hiver sous forme de pupes avant de d'émigrer en été. L'hiver passé était doux (Climate-data 2019, 2020) et ce climat n'est pas adapté au bon développement de *Rhagoletis completa*, qui, sous forme de pupes, subit une dormance qui nécessite un passage au froid (idéalement entre 8 et 20 semaines à

environ 5°C) (Rull *et al.*, 2019). La destruction des pupes de mouches dans le sol a aussi pu être favorisée par le climat doux et humide propice à leurs probables organismes prédateurs. L'été était quant à lui particulièrement sec et chaud et cela a peut-être ralenti le développement de la mouche. Il est possible que le pic de vol de la mouche soit cette année décalé et ne se déroule qu'en septembre.

Quand bien même la pression de la mouche aurait été suffisante cette année, certains facteurs auraient compliqué l'analyse des résultats. Le protocole n'a pas été scrupuleusement respecté sur certaines parcelles. Les doses ou parfois les traitements (dans le cas de deux parcelles) ne correspondent pas exactement au protocole initialement décrit. Aussi, deux des producteurs ont rencontré un problème d'application de l'argile lors du premier passage du fait de leurs buses et ce produit a été mal appliqué. Il faut également soulever le fait que l'environnement alentour a très certainement pu influencer l'essai et la présence de mouches. L'absence de témoin sans aucun traitement empêche de pouvoir comparer les différentes parcelles entre elles et la pression de la mouche sur les quatre vergers. Les quatre parcelles ne sont pas des répétitions.

La méthode de notation mise en œuvre ne permet pas de prendre en compte les noix qui ont été touchées dans le cas d'une attaque précoce qui induit la chute des noix. Il n'est donc possible d'évaluer que les dégâts sur les noix restées sur les arbres.

Cette méthode a tout de même révélé des problématiques de l'itinéraire technique proposé. Effectivement, les producteurs étaient souvent réticents à ne pas mettre d'argile sur les rangs traités uniquement au Syneïs appât® car l'argile permet de protéger les fruits des brûlures. Il aurait alors été possible de proposer un protocole

où l'argile était disposé sur tous les rangs et le Syneïs appât® ajouté seulement sur un rang sur trois. Mais il faut alors s'interroger sur la pertinence de cet essai. Est-ce vraiment judicieux de disposer sur les mêmes arbres un produit attractif et un produit répulsif ? L'idéal serait de pouvoir utiliser un produit protégeant les noix contre les brûlures sans représenter une barrière physique pour la mouche du brou. Aussi, le Syneïs appât® est utilisable en agriculture biologique du fait de la présence de la dérogation. Il faut cependant s'interroger sur la durabilité de cette méthode. Il n'est pas certain que le produit soit encore autorisé dans les années à venir au vu de sa toxicité.

Du fait de cette situation instable de l'autorisation du Syneïs appât® en agriculture biologique, il n'est pas possible de conclure quant à la pertinence de cette étude. Cet essai reste, dans tous les cas, intéressant pour les producteurs en agriculture conventionnelle, bien que plus de produits soient utilisables.

Il est également important de s'interroger sur la pertinence de l'alternance définie. D'autres dispositions peuvent être réfléchies. Par exemple, disposer du Syneïs appât® sur tous les arbres de bordure et de l'argile sur les autres noyers pourrait être envisagé, selon la taille de la parcelle. L'utilisation de Syneïs appât® en bordure uniquement est déjà une technique jugée efficace sur les mouches des légumes (Alaphilippe *et al.*, 2014). On peut aussi imaginer la disposition de quelques arbres solitaires dans les parcelles traités au Syneïs appât® et les autres à l'argile.

CONCLUSION

Finalement, la pression exceptionnellement faible de la mouche du brou cette année 2020 complique la comparaison d'itinéraires techniques qui visent à lutter contre ce ravageur. Les

résultats obtenus n'ont pas permis d'obtenir des résultats significatifs. Il est très intéressant de poursuivre cette étude dans les années à suivre afin d'aboutir à un itinéraire technique respectueux de l'environnement, autorisé en agriculture biologique et efficace contre la mouche du brou. Ce ravageur encore peu connu nécessite le développement de solutions de lutte efficaces puisqu'il peut être responsable de dégâts de vergers très importants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGRISYNERGIE « SOKALCIARBO® WP, l'alternative », 2016

Alaphilippe A., J.-C. Bouvier, J.-P. Deguine, P. Franck, C. Lamine, P.-E. Lauri, C. Lavigne, et al. « Conception de systèmes horticoles innovants », 2014.

Alluja M., Boller E. « Host marking pheromone of *Rhagoletis cerasi*: Foraging behavior in response to synthetic pheromonal isomers | SpringerLink », 1992.
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00994357>.

ANSES « Demande d'analyse de risque phytosanitaire portant sur *Rhagoletis completa* », 2014

ANSES « SYNEÏS APPÂT Dow Agrosciences SAS », 2020.
<https://ephy.anses.fr/ppp/syne%C3%AFs-app%C3%A2t>.

Bostanian N.J. et G. Racette, « Record. Attract and kill, an effective technique to manage apple maggot, *Rhagoletis pomonella* [Diptera : Tephritidae] in high density Quebec apple orchards – Phytoprotection – Érudit », 2001.
<https://www.erudit.org/en/journals/phyto/1900-v1-n1-phyto3375/706212ar/abstract/>.

- Boyce A., « Bionomics of the walnut husk fly, *Rhagoletis completa* - *Hilgardia* - University of California, Agriculture and Natural Resources », 1934.
<http://hilgardia.ucanr.edu/fileaccess.cfm?article=152090&p=EMEEJD>.
- Bush GL, «The taxonomy, cytology, and evolution of the genus *Rhagoletis* in North America (Diptera, Tephritidae). », *Bull Museum Comp Zool* (1966)134:431–562
- Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne, Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne, « GUIDE ARBO 2020 », 2020.
- Cheng, T., Wei J., et Li Y. « Preparation, Characterization, and Evaluation of PLA/Gelatin Microspheres Containing Both Insecticide and Attractant for Control of *Rhagoletis Batava Obscuriosa* Kol ». *Crop Protection* 124 (octobre) (2019): 104783.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.04.007>.
- Cirio U., «Osservazioni sul comportamento di ovideposizione della *Rhagoletis completa* Cresson (Diptera, Trypetidae) in laboratorio», 1972.
- Climate-data, « Climat Périgueux: Pluviométrie et Température moyenne Périgueux, diagramme ombrothermique pour Périgueux - Climate-Data.org ». 2020.
<https://fr.climate-data.org/europe/france/aquitaine/perigueux-29143/>.
- Cresson, Ezra T. « A Revision of the North American Species of Fruit Flies of the Genus *Rhagoletis* (Diptera: Trypetidae) ». *Transactions of the American Entomological Society* (1890-) (1929) :401-14.
- CTIFL, « Point sur les maladies et ravageurs – mouche du brou du noyer », 2011.
http://www.ctifl.fr/ecophytopic/point_sur/PSMRBrouduoyer.pdf.
- Duso C., G. Dal Lago. « Life cycle, phenology and economic importance of the walnut husk fly *Rhagoletis completa* Cresson (Diptera: Tephritidae) in northern Italy: *Annales de la Société entomologique de France* (N.S.): Vol 42, No 2 » (2006).
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00379271.2006.10700628#aHR0cHM6Ly93d3cudGFuZGZvbmxpbmUuY29tL2RvaS9wZGYvMTAuMTA4MC8wMDM3OUI3MS4yMDA2LjEwNzAwNjI4P25lZWRYBY2Nlc3M9dHJlZUBAQDA=>.
- Han, S.-J., Wang M.-X., Wang Y.-S., Wang Y.-G., Cui L., et Han B.-Y., « Exploiting Push-Pull Strategy to Combat the Tea Green Leafhopper Based on Volatiles of *Lavandula Angustifolia* and *Flemingia Macrophylla* ». *Journal of Integrative Agriculture* 19 (2020) :193-203.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62778-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62778-4).
- Kasana, A., et M. T. AliNiasee. 1994. « SEASONAL PHENOLOGY OF THE WALNUT HUSK FLY, RHAGOLETIS COMPLETA CRESSON (DIPTERA: TEPHRITIDAE) ». *The Canadian Entomologist* 128, (1996) : 377-90.
<https://doi.org/10.4039/Ent128377-3>.
- Larsy L., « Caractérisation de la phéromone sexuelle mâle chez *Rhagoletis Completa* en vue du développement d'une méthode de lutte sémi chimique », Thèse de Sciences du vivant, Entomologie et lutte antiravageur, Liège : Université de Liège, 2017, 71p.
<https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/3059>.

- Martinez M., J.-C. Streito, et J.-F. Germain.
« Insectes ravageurs invasifs le point sur les espèces introduites », 2014.
https://www.researchgate.net/profile/Jean-Francois_Germain/publication/267334951_Insectes_ravageurs_invasifs_le_point_sur_les_especes_introduites/links/56208e9a08aea35f267e1a08/Insectes-ravageurs-invasifs-le-point-sur-les-especes-introduites.pdf.
- Prokopy, Ronald J., W. H. Reissig, et V. Moericke.
« Marking Pheromones Deterring Repeated Oviposition in *Rhagoletis* Flies ». *Entomologia Experimentalis et Applicata* 20, (1976) : 170-78.
<https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1976.tb02630.x>.
- Rull J., R. Lasa, L. Guillén, et M. Aluja « Effect of Winter Length on Duration of Dormancy and Survival of *Rhagoletis completa* (Diptera: Tephritidae) and Associated Parasitoids From Northeastern Mexico | Journal of Insect Science | Oxford Academic », 2019.
<https://academic.oup.com/jinsectscience/article/19/3/7/5490192>.
- Solar, A., J. Jakopic, J. Miklavc, F. Stampar, R. Veberic, et S. Trdan. « Walnut Husk Fly Substantially Affects Sensory Attributes and Phenolic Contents of the Kernels in Common Walnut ». *Scientia Horticulturae* 247 (mars), (2019) : 17-26.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.078>.
- Verheggen, F., A. Verhaeghe, P. Giordanengo, X. Tassus, et A. Escobar-Gutiérrez. « Walnut Husk Fly, *Rhagoletis Completa* (Diptera: Tephritidae), Invades Europe: Invasion Potential and Control Strategies ». *Applied Entomology and Zoology* 52 (2017) : 1-7.
<https://doi.org/10.1007/s13355-016-0459-7>.
- Zhang Z., X. Sun, Z. Luo, Y. Gao, Z. Chen.
« The Manipulation Mechanism of “Push–Pull” Habitat Management Strategy and Advances in Its Application », *Acta Ecologica Sinica* 33 (2013): 94-101.
<https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.01.005>

ANNEXE 1 : produits phytosanitaires autorisés durant l'année 2020-2021 en nuciculture pour la lutte contre la mouche du brou

Tableau 1 : produits phytosanitaires et dispositifs autorisés durant l'année 2020 en nuciculture pour la lutte contre la mouche du brou (d'après le Bulletin technique Noix du Sud-Ouest n°8 du 23/06)

Produit commercial	Substance active	Stratégie	Autorisé en conventionnel	Autorisé en agriculture biologique	Dose	Lessivage (mm)	DAR (i)	Persistance d'action (j)	ZNT-eau (m)	ZNT-riv. (m)	Nbre applications
Imidan	phosmet	insecticide	Oui	Non	1,5 kg/ha	25	7	14	50	20	2
Coragen	rynaxypyr	insecticide	Oui	Non	0,175 l/ha	50 à 60	21	14	20	10	1
Success 4	spinosad	insecticide	Dérogation du 20 juin au 18 octobre 2020	Dérogation du 20 juin au 18 octobre 2020	0,2 l/ha	40	14	14	50	10	2
Syneïs Appat	spinosad	Insecticide avec appât	Dérogation du 22 juin au 20 octobre 2020	Dérogation du 22 juin au 20 octobre 2020	1.5l/ha dans 5 à 30L d'eau	5-10	14	7-10	5	10	4
SokalciArbo WP	argile calcinée	Barrière physique	Oui	Oui	60 kg puis 60 kg 10 jours plus tard puis 30 kg /ha	20	3	10 à 30	5	0	Max : 210 kg/ha/an
Decis® Trap MB	deltaméthrine et attractif	Piégeage massif	Oui	Non	100 bols/ha	NC	NC	150	5	0	-

ANNEXE 2 : fiches techniques pour les applications de Syneïs appât et d'argile

FICHE TECHNIQUE APPLICATION DE SYNEIS APPAT Etablie avec le Groupe Technique Noix du Sud-Ouest (juillet 2020)

Le but du Syneïs appât est d'attirer la mouche du brou et la détruire grâce à l'insecticide qu'il contient. Il doit être appliqué en **pulvérisation localisée, sur la face sud et sur la partie supérieure des arbres**. L'objectif est de projeter des gouttelettes de 4 à 6 mm de diamètre.

Pour cela, le matériel qui peut être utilisé est :

- **Un pulvérisateur tracté** avec des **buses Albuz TVI vertes à une pression de 6 bars** pour un volume de 30L/ha à une vitesse d'environ **4km/h**.
- **Un pulvérisateur à dos** avec des **buses à fente anti-dérives à injection d'air Albuz AVI vertes** ou les **buses à fente anti-dérives à injection d'air TEEJET TTI vertes**.

N'oubliez pas de bien vous protéger lors de l'application ! Utilisez une combinaison de travail et des gants en nitrile pendant le mélange, le nettoyage du matériel et pendant l'application même si vous utilisez un tracteur avec cabine. (Voir page 2 pour plus d'informations).

La préparation se fait selon les indications suivantes :

- La bouillie doit être à concentration de **5%** de Syneïs appât pour un volume de **30L/ha**, c'est-à-dire **1.5L/ha**.
- Il faut bien **mélanger la bouillie** et toujours s'assurer que le mélange reste **homogène** (maintenir l'agitation). Le port des gants est obligatoire.

Les dates d'application sont déterminées selon différents facteurs :

- Le premier traitement se fait **dès que la première mouche a été observée**.
- Il faut renouveler le **traitement tous les 7 à 10 jours** et en fonction de la pluviométrie : le **lessivage est de 10 mm**.
- Il est autorisé jusqu'à **4 applications** au cours de la saison.
- Le délai minimum avant la récolte est de **14 jours**.

L'application doit respecter certaines règles :

- La ZNT eau est de **5m** et la ZNT riv est de **10m**.
- Le délai de rentrée est de **6 heures**.

Informations transmises par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

Pour votre protection, lors du mélange/chargement et le nettoyage du matériel d'application :

- Gants en nitrile certifiés EN 374-3 ;
- Combinaison de travail en polyester 65%/coton 35% avec un grammage de 230 g/m³ ou plus avec traitement déperlant ;
- EPI partiel (blouse ou tablier à manches longues) de catégorie III et de type PB (3) à porter par-dessus la combinaison précitée ;

Pendant l'application :

Si application avec tracteur avec cabine :

- Combinaison de travail en polyester 65%/coton 35% avec un grammage de 230 g/m³ ou plus avec traitement déperlant ;
- Gants en nitrile certifiés EN 374-2 à usage unique, dans le cas d'une intervention sur le matériel pendant la phase de pulvérisation. Dans ce cas, les gants ne doivent être portés qu'à l'extérieur de la cabine et doivent être stockés après utilisation à l'extérieur de la cabine ;

Si application avec un tracteur sans cabine :

- Combinaison de travail en polyester 65%/coton 35% avec un grammage de 230 g/m³ ou plus avec traitement déperlant ;
- Gants en nitrile certifiés EN 374-2 à usage unique, dans le cas d'une intervention sur le matériel pendant la phase de pulvérisation

FICHE TECHNIQUE SOKALCIARBO
Etablie avec le Groupe Technique Noix du Sud-Ouest (juillet 2020)

Le but de l'argile est de repousser la mouche. L'objectif de l'application est donc d'obtenir un **recouvrement optimal de la végétation**.

Pour cela, plusieurs matériels de pulvérisation sont utilisables :

- **Un atomiseur haute pression à jet projeté** : il faut privilégier les appareils munis de **pompes à piston-membrane** et les appareils munis de **buses en céramique**. Les buses doivent être adaptées à l'application des produits de contact, comme à **turbulence** par exemple. La buse doit pouvoir fournir un débit qui permet une pression de service fiable, c'est-à-dire **entre 7 et 10 bars**.
- **Un atomiseur à jet porté (pneumatique)** : il faut préférer les appareils munis d'une **pompe à piston-membrane**.

Dans tous les cas, votre appareil de traitement doit permettre d'atteindre le sommet des arbres. Le diamètre des gouttes doit être de 100 à 200 microns.

La préparation se fait en différentes étapes :

- La dose est de **60 kg/ha**, puis **60 kg/ha 10 jours plus tard** puis **30 kg/ha**.
- Remplir la cuve avec les **2/3 d'eau** puis mettre **l'agitation** en route avant de **verser le produit en pluie. Compléter ensuite le volume d'eau**.

L'argile est peu soluble dans l'eau : l'ajout d'un mouillant facilite la mise en solution du kaolin en limitant les grumeaux

Les dates d'application sont déterminées selon différents facteurs :

- La première application se fait **dès que la première mouche a été observée**.
- Il faut renouveler **le traitement 10 jours après le premier puis tous les 20 à 30 jours** et en fonction de la **pluviométrie** et du **vent** (qui fait tomber l'argile en agitant les feuilles). Le **lessivage est de 20mm**.
- La **dose maximale est de 210kg/ha/an**.

L'application doit respecter certaines règles :

- Elle doit être faite par **faible vent** et **feuillage sec**.
- Pour les atomiseurs haute pression à jet projeté, travailler à **pression de service modérée** dans le circuit.
- Il est important de **maintenir l'agitation** dans la cuve jusqu'à la **fin du traitement**.
- Il faut nettoyer le circuit à l'eau claire dès la fin de l'application.
- La ZNT eau est de **5m**.
- La DRE est de **6 heures**.

La qualité de l'application est déterminante sur l'efficacité de la protection.

ANNEXE 3 : disposition des itinéraires techniques sur les quatre parcelles



Légende :

- Rangs traités selon l'itinéraire technique du producteur : application d'imidan si nécessaire
- Rangs traités à l'argile uniquement
- Rangs traités au Syneïs appât uniquement

Figure 1 : photo de la parcelle 1 avec annotations de l'itinéraire technique mis en place



Légende :

- Rangs traités selon l'itinéraire technique du producteur : application de Syneïs appât
- Rangs traités à l'argile uniquement
- Rangs traités au Syneïs appât uniquement

Figure 2 : photo de la parcelle 2 avec annotations de l'itinéraire technique mis en place



Légende :

- Rangs traités selon l'itinéraire technique du producteur : application d'imidan
- Rangs traités à l'argile uniquement
- Rangs traités au Syneïs appât uniquement

Figure 3 : photo de la parcelle 3 avec annotations de l'itinéraire technique mis en place



Légende :

- Rangs traités selon l'itinéraire technique du producteur : application de Syneïs appât
- Rangs traités à l'argile uniquement
- Rangs traités au Syneïs appât uniquement

Figure 4 : photo de la parcelle 4 avec annotations de l'itinéraire technique mis en place

ANNEXE 5 : Calendrier d'interventions réalisées sur les quatre parcelles

Tableau 1 : calendrier d'interventions de la parcelle 1

Date	Type d'intervention	Dose	Zone(s) concernée(s)
13/07	Application d'argile	50kg/ha	Zone avec itinéraire technique testé, sur les rangs où l'application d'argile était prévue

Tableau 2 : calendrier d'interventions de la parcelle 2

Date	Type d'intervention	Dose	Zone(s) concernée(s)
16/07	Application d'argile	60-70kg/ha	Zone avec itinéraire technique testé, sur les rangs où l'application d'argile était prévue
26/07	Application de Syneïs appât	1.5L/ha	Zone témoin et zone avec l'itinéraire technique testé, sur les rangs où l'application de Syneïs appât était prévue
29/07	Application d'argile	30-35kg/ha	Zone avec itinéraire technique testé, sur les rangs où l'application d'argile était prévue
19/08	Application de Syneïs appât	1.5L/ha	Zone témoin et zone avec l'itinéraire technique testé, sur les rangs où l'application de Syneïs appât était prévue
19/08	Application d'argile	30-35kg/ha	Zone avec itinéraire technique testé, sur les rangs où l'application d'argile était prévue

Tableau 3: calendrier d'interventions de la parcelle 3

Date	Type d'intervention	Dose	Zone(s) concernée(s)
13/07	Application d'argile	50kg/ha	Zone témoin et zone avec itinéraire technique testé (tous les rangs)
29/07	Application de Syneïs appât	1.3L/ha	Zone avec itinéraire technique testé (sur les rangs où l'application de Syneïs appât avait été prévue)
7/08	Application d'imidan	1,5kg/ha	Zone témoin et zone avec itinéraire technique testé (tous les rangs)
18/08	Application de Syneïs appât	1.2L/ha	Zone avec itinéraire technique testé (sur les rangs où l'application de Syneïs appât avait été prévue)
24/08	Application d'imidan	1,5kg/ha	Zone avec itinéraire technique testé (sur les rangs où l'application de Syneïs appât avait été prévue)

Tableau 4: calendrier d'interventions de la parcelle 4

Date	Type d'intervention	Dose	Zone(s) concernée(s)
02/07	Application d'argile	50kg/ha	Zone témoin et zone avec itinéraire technique testé (tous les rangs)
24/07	Application de Syneïs appât	1.5L/ha	Zone avec itinéraire technique testé (sur les rangs où l'application de Syneïs appât avait été prévue)
22/08	Application de Syneïs appât	1.5L/ha	Zone avec itinéraire technique testé (sur les rangs où l'application de Syneïs appât avait été prévue)

ANNEXE 4 : relevés des pièges de mouches du brou sur les quatre parcelles

Tableau 1 : relevé des pièges de mouches du brou sur la parcelle 1

Date	Nombre mouches
08/07	0
15/07	0
24/07	0
27/07	0
3/08	0
10/8	0
17/08	0
24/08	0

Tableau 2 : relevé des pièges de mouches du brou sur la parcelle 2

Date	Nombre mouches
13/07	2
20/07	1
24/07	2
29/07	0
6/06	1
12/08	0
19/08	2
24/08	1

Tableau 3 : relevé des pièges de mouches du brou sur la parcelle 3

Date	Nombre mouches
02/07	0
10/07	0
13/07	2
21/07	2
03/08	1
07/08	3
18/08	11
25/08	12

Tableau 4 : relevé des pièges de mouches du brou sur la parcelle 4

Date	Nombre mouches
22/07	0
24/07	3
28/07	1
2/08	0
10/08	0
14/08	1
19/08	2
23/08	0
28/08	3