



GESTION AGROECOLOGIQUE DES BIOAGRESSEURS EN VERGER DE POMMES A CIDRE ET A JUS : BIOCONTROLE ET CONDUITE INNOVANTE DE L'ENHERBEMENT

Programme CidrAgroEco

RAPPORT DE REALISATION 2018 - 2021



*Avec la contribution des producteurs
de pommes à cidre du Service Vergers
et Produits Cidricoles de la Chambre
d'agriculture de Normandie*

Juillet 2021
Dossier n° 20150

**Gestion agroécologique des bioagresseurs en verger de
pommes à cidre et à jus :
biocontrôle et conduite innovante de l'enherbement
Programme CidrAgroEco**

I. IDENTIFICATION DE L'ACTION

❖ ORGANISME DEMANDEUR

Chambre régionale d'agriculture de Normandie – Groupe Thématique Cidricole (GTC) : instance des Chambres d'agriculture de Normandie réunissant les partenaires professionnels et techniques de la filière cidricole.

6 rue des Roquemonts – CS 45346 – 14053 CAEN cedex 4.

❖ COORDINATION TECHNIQUE

Chambre régionale d'agriculture de Normandie - Service Vergers et Produits Cidricoles (SVPC)

6 rue des Roquemonts – CS 45346 - 14053 CAEN cedex 4.

Contact : Nathalie Corroyer - mail : nathalie.corroyer@normandie.chambagri.fr

❖ ORGANISMES PARTENAIRES

- **Chambre régionale d'agriculture de Normandie** - 6 rue des Roquemonts – CS 45346 - 14053 CAEN cedex 4.
Service Vergers et Produits Cidricoles (SVPC) : Matthieu Benoit, Jean-Charles Cardon, Bruno Corroyer, Nathalie Corroyer, Alice Denis et Gaël Lebon.
Equipe communication : Cédric Skrzyniarsz.
Equipe expertise métiers de l'élevage : Claire Douine et Anastasie Fesneau.
Cellule Ingénierie Projets : Patrick Regnault et Emilie Rouzeau.
Pilotage : GTC (Groupe Thématique Cidricole) qui réunit l'ensemble des membres de la filière cidricole.
- **IFPC** - Station Cidricole - La Rangée Chesnel - 61500 SEES - Contacts : Jean Le Maguet et Sylvain Vigouroux.
- **Fredon Normandie** – 1 Rue Léopold Sédar-Senghor - 14460 COLOMBELLES. Contact : Dorothee Larson Lambertz.

❖ PARTENAIRES TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

- Groupe « Cultures fourragères et intermédiaires » des Chambres d'agriculture de Normandie : appui méthodologique et choix des espèces pour le sursemis.
- Station d'expérimentation SudExpe : méthodologie des essais moniliose fleur (abricotier).
- Groupe INRA « Verger + Durable » : appui méthodologique aux suivis de vergers pâturés et de roulage de l'enherbement.
- GRAB Avignon, ITAB, CRAW Gembloux, Fredon Hauts de France et Station Ctifl La Morinière : appui méthodologique aux essais et échanges sur les innovations.
- Producteurs : réalisation des interventions du projet sur les parcelles d'essai et mise à disposition de matériel spécifique.

❖ PARTENAIRES FINANCIERS

- **FranceAgriMer** – CasDAR.

Note : la responsabilité du Ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée.

II. DESCRIPTION DU PROGRAMME

1. Contexte

La finalité de ce projet est de contribuer à la mise en œuvre de l'agroécologie dans les vergers de pommiers à cidre et à jus en proposant des systèmes de production plus durables. « Le défi d'une agriculture plus durable nécessite des itinéraires de production écologiquement performants qui intègrent des connaissances fines » (Rusch et Sarthou, 2013) du fonctionnement du verger et de ses composantes. La filière cidricole est engagée depuis plusieurs années dans une recherche de méthodes de production visant à réduire les intrants comme l'attestent les programmes de recherche/expérimentation menés ces dernières années par les partenaires de ce programme: « InnoCidreAB » et « Verger cidricole de demain ».

Le programme CidrAgroEco vise à apporter des réponses à la double demande sociétale et réglementaire du plan Ecophyto 2. Il correspond également à une forte attente des producteurs et des opérateurs de la filière de transformation, y compris les plus importants, pour des techniques de production et des produits (cidres, jus, etc.) plus naturels et avec peu ou pas de résidus.

La filière cidricole dans son ensemble, via la FNPFC (Fédération Nationale des Producteurs de Fruits à Cidre) soutient le développement d'un cahier des charges Production Fruitière Intégrée (PFI) ainsi qu'une démarche de diminution des résidus. Que ce soit chez les industriels ou chez les opérateurs de taille plus modeste et les producteurs fermiers, ce constat d'augmentation de la demande en produits plus naturels est identique.

Dans le même temps, la demande en pommes de transformation en agriculture biologique connaît une progression sans précédent. A titre d'exemple, le premier intervenant de la filière cidricole estime que ses besoins en pommes biologiques sont de 30 000 tonnes en 2021 alors que ce volume était de 6 000 tonnes en 2016.

Ce programme s'inscrit donc dans un accompagnement de la dynamique de conversion de vergers cidricoles en agriculture biologique. Le verger français de pommes de transformation conduit en agriculture biologique a doublé de surface entre 2016 et 2018 pour atteindre 6250 ha en 2018 dont 2800 ha situés en Normandie (source Agence bio).

Ce projet s'inscrit dans un partenariat mis en place depuis plusieurs années entre l'Institut technique (IFPC) et la Chambre d'agriculture (CRAN). Le Groupement d'agriculteurs biologiques, Bio en Normandie n'a pas pu être partenaire pour des raisons de restructuration au moment du dépôt du projet en 2017. La Fredon Normandie a rejoint le projet en raison de ses compétences sur le suivi de la biodiversité.

2. Objectifs

L'objectif de ce projet est de répondre à ces attentes et d'opérer une véritable transition de production pour aller vers des solutions techniques combinant des pratiques écologiques, durables, respectueuses de l'environnement et performantes d'un point de vue économique et social.

3. Présentation générale des actions

Dans cette perspective, le projet s'articule autour de deux actions :

Action 1 : mise au point de solutions de biocontrôle

Proposer des solutions de biocontrôle adaptées au contexte cidricole : bioagresseurs majeurs et conditions pédoclimatiques spécifiques. A terme, l'objectif est de pouvoir lever des verrous techniques particulièrement problématiques concernant la gestion des bioagresseurs en conduite biologique et de permettre aux producteurs en conventionnel de pouvoir utiliser des techniques sans pesticides. Cette action cible certains bioagresseurs pour lesquels il n'existe à ce jour aucune solution sans utilisation de pesticide de synthèse et qui, de par leur très bonne adaptation au contexte du verger cidricole, peuvent causer des dégâts qui remettent en question sa durabilité économique.

L'action consistera à tester des solutions de biocontrôle pour les ravageurs dits résurgents (anthonome et hoplocampe) et la moniliose sur fleur. Les solutions de biocontrôle seront évaluées à la fois en laboratoire, sur la station expérimentale de l'IFPC à Sées et en verger de production.

Action 2 : gestion innovante de l'enherbement

En complément de ces solutions de type « produit », il est indispensable d'avancer sur l'équilibre global du système verger et sa résilience. La gestion de l'enherbement est au centre du système verger car elle impacte fortement l'ensemble du fonctionnement : rôle agronomique, économique et écologique. Il s'agit donc d'étudier de nouveaux modes de gestion de l'enherbement en verger adulte sans utilisation d'herbicide, conformes avec une conduite en agriculture biologique et réduisant les consommations de carburant par une moindre fréquence des tontes, tout en restant compatibles avec la méthode particulière de récolte au sol. A terme, ces itinéraires doivent permettre d'aller vers une plus grande résilience des vergers de pommier à cidre et à jus en favorisant leur diversité et leur richesse faunistique, tout en contribuant à un bon état nutritif de l'arbre et à une régulation naturelle des prédateurs plus performante.

Plusieurs modes de gestion innovants de l'enherbement seront mis en œuvre sur des vergers de producteurs en multi-site afin de tester ces itinéraires dans des conditions pédoclimatiques variées et avec matériels de gestion de l'herbe différents : tonte différée, roulage, semis direct sous couverts d'autres espèces. Le pâturage du verger par les moutons de la race Shropshire considérée comme compatible avec les arbres (dénommée « tree friendly » dans son pays d'origine l'Ecosse) sera également évalué car il représente une pratique de plus en plus répandue en verger cidricole.

4. Calendrier et tableau de réalisation

Globalement, les méthodes issues de l'agroécologie se caractérisent par un effet souvent partiel et variable. Elles nécessitent donc plusieurs années de recul de résultats d'essais avant de pouvoir les conseiller aux producteurs de manière fiable. Ceci est d'autant plus vrai pour le pommier à cidre qui est une espèce à durée de vie de plus de 25 ans se caractérisant par des alternances de production fortes limitant les années de référence, surtout en agriculture biologique. Ce projet d'une durée de 36 mois a débuté début mars 2018. Il se décline en 2 actions ayant chacune un calendrier de réalisation présenté ci-dessous.

Il est à noter que les actions prévues ont pu être réalisées à 100 % malgré les mesures sanitaires en vigueur en 2020 et 2021 : les déplacements professionnels sur le terrain pour l'activité agricole étant autorisés dans le cadre des mesures gouvernementales, chaque partenaire a appliqué ces règles, ce qui a permis de conduire tous les essais prévus sur le terrain. Pour les réunions de coordination et de synthèse, le travail a été mené en distanciel lorsque cela était nécessaire ou en présentiel dans le respect des règles sanitaires.

Action 1 : mise au point de solutions de biocontrôle

Sous-action	2018 du 1 ^{er} mars au 31 décembre	2019 année complète	2020 année complète	2021 du 1 ^{er} janvier au 28 février
Sous action 1.1 : solution de biocontrôle sur ravageurs émergents : anthonome et hoplocampe	1 essai en conditions contrôlées 1 essai en verger (voir note)	2 essais en conditions contrôlées 5 essais en vergers	3 essais en verger	Synthèse
Sous action 1.2 : solutions de biocontrôle pour la moniliose sur fleur	1 essai en verger Site 1	1 essai en verger Site 2	1 essai en verger Site 3	Synthèse

Note : report sur 2019 de la plupart des essais anthonome et hoplocampe prévus en 2018 en raison de la date tardive d'approbation du programme.

Action 2 : gestion innovante de l'enherbement

Sous-action	2018 du 1 ^{er} mars au 31 décembre	2019 année complète	2020 année complète	2021 du 1 ^{er} janvier au 28 février
Sous action 2.1 : essai de tonte différée		2 parcelles d'essai		Synthèse
Sous action 2.2 : essai de roulage de l'enherbement		1 parcelle d'essai		Synthèse
Sous action 2.3 : essai de sursemis dans l'enherbement		2 parcelles d'essai		Synthèse
Sous action 2.4 : pâturage par les moutons		1 parcelle d'essai		Synthèse

5. Diffusion et valorisation du programme

Ce programme comprend un volet important de diffusion/valorisation auprès des producteurs adhérents du SVPC, de l'IFPC afin de favoriser la dynamique créée par ce programme autour des acteurs de la filière cidricole : visite des parcelles d'essais en groupe de suivi technique, diffusion des résultats en réunion de bilan annuel et via les bulletins.

Des documents de vulgarisation sont réalisés afin de diffuser largement ces résultats auprès des adhérents des structures partenaires mais aussi auprès d'un plus large public via les sites internet des partenaires notamment : fiche de synthèse, vidéo, article dans la revue pomme à cidre. Une diffusion de ces éléments est prévue dans le cadre du SIVAL.

III. DETAIL DES ACTIONS MENEES

1. Action 1 - mise au point de solutions de biocontrôle

Sous action 1. 1 - solutions de biocontrôle sur ravageurs émergents, anthonome et hoplocampe

▪ Contexte et état des connaissances

Les ravageurs classés résurgents : anthonome et hoplocampe. Considérés comme secondaires, ces ravageurs sont pourtant de loin les plus préoccupants en pommier à cidre dans nos conditions pédoclimatiques. Dès que l'on diminue le nombre d'insecticides chimiques, ils peuvent alors causer des dommages très importants et récurrents entraînant des pertes de récolte pouvant remettre en cause la pérennité des exploitations.

L'anthonome du pommier *Anthonomus pomorum* hiverne au stade adulte sous les écorces de pommier et d'arbres forestiers ou dans les feuilles mortes. L'insecte quitte son abri entre mi-février et début avril, quand la température diurne moyenne atteint 9° C pendant plusieurs jours. Les œufs sont pondus dans les boutons floraux à l'intérieur desquels les larves vont se développer. Les fleurs ne se développent pas, brunissent et prennent l'aspect d'un « clou de girofle ».



Crédit Photo : D. Larson Lambert, Fredon Normandie
Adulte d'anthonome du pommier sur rameau en verger



Crédit Photo : D. Larson Lambert, Fredon Normandie
Dégâts dus à l'anthonome à la floraison :
symptôme en « clou de girofle »

L'hoplocampe du pommier *Hoplocampa testudinea* hiverne sous forme de larves dans un cocon dans le sol dans le verger. Les adultes apparaissent pendant la floraison, butinent les fleurs et pondent dans le calice des fleurs. Les jeunes larves mangent la chair sous l'épiderme provoquant des dégâts dits « dégâts primaires » puis pénètrent à l'intérieur des jeunes fruits entraînant des « dégâts secondaires ». En fin de développement, les larves se laissent tomber au sol pour réaliser leur diapause.



Crédit Photo : D. Larson Lambertz, Fredon Normandie
Adulte d'hoplocampe du pommier sur un piège



Crédit Photo : D. Larson Lambertz, Fredon Normandie
Dégât secondaire avec présence de larve d'hoplocampe dans le jeune fruit

L'efficacité des méthodes de lutte naturelle contre ces ravageurs est à ce jour très limitée. Le programme « InnoCidreAB » avait montré que les produits de type barrière physique notamment à base d'hydroxyde de chaux sont insuffisants et très difficiles d'emploi et que les insecticides biologiques (pyréthres naturels, azadirachtine) sont insuffisants. A ce jour, seul le Success 4 (Spinosad) est autorisé, mais de façon dérogatoire, sur anthonome. Toutefois, ce produit n'est pas la solution d'avenir idéale car il pourrait ne plus être autorisé en arboriculture et il est par ailleurs toxique sur abeilles et sur certains auxiliaires. Concernant l'hoplocampe, il n'existe aucune solution biologique homologuée. La quassine, qui s'est avérée efficace dans les essais du programme « InnoCidreAB » n'a pas de statut définitif pour l'usage en verger.

Plusieurs travaux ont montré l'intérêt des nématodes entomopathogènes sur charançon du palmier (même famille que l'anthonome) et l'usage des nématodes est maintenant passé dans la pratique pour contrôler efficacement et écologiquement ce ravageur. Sur hoplocampe, les nématodes pourraient constituer une alternative (Parveaud, 2017). Les premiers essais de nématodes sur anthonome conduits dans le programme « InnoCidreAB (2015 à 2017) » avaient montré des résultats très bons en conditions contrôlées. La mise en œuvre en verger s'était avérée plus délicate et devait être approfondie. Concernant l'hoplocampe, le dispositif en conditions semi contrôlées testé en 2016 et 2017 n'avait pas été concluant car les pommiers en pots avaient été colonisés par des fourmis en grand nombre rendant l'observation impossible. Par ailleurs d'autres produits plus récents de biocontrôle pourraient présenter un intérêt sur ces ravageurs compte tenu de leur mode d'action et ont été à ce titre testés dans ce présent programme : Polithiol, argile terre de diatomée, quassine.

▪ **Objectif**

Tester l'efficacité de différentes solutions de biocontrôle pour gérer les dégâts engendrés par les populations d'anthonome et d'hoplocampe en verger de pomme à cidre.

❖ Essais 2018

Les nématodes : les nématodes *Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae* et *Heterorhabditis bacteriophora* sont des parasites d'insectes naturellement présents en France. Les nématodes pénètrent dans les larves du ravageur et y libèrent leurs bactéries symbiotiques. Ces bactéries se multiplient aux dépens de la larve hôte qui meure en 24 à 48 h. Un certain nombre de ravageurs peuvent faire l'objet d'une lutte biologique grâce à ces nématodes (larves d'Otiorhynques, larves de Thrips, larves des mouches des terreaux). Des conditions bien spécifiques sont cependant requises (température, humidité) pour parvenir à lutter efficacement contre le ravageur ciblé.

L'objectif des essais est d'évaluer la faisabilité d'une lutte contre l'anthonome du pommier avec trois espèces de nématodes parasites.

Partenaire : société Koppert.

Essai 1 : essai d'efficacité des nématodes en conditions contrôlées

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée à l'IFPC en conditions semi-contrôlées. L'efficacité de trois espèces de nématodes parasites *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae* et *Steinernema carpocapsae* a été comparée à un témoin traité à l'eau et une référence chimique (Success 4 – Spinosad). Les applications de nématodes sont réalisées avec un adjuvant (Squad).

Nom commercial	Nom du nématode	Nombre de nématodes par sachets
Larvanem*	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	50 millions
Entonem*	<i>Steinernema feltiae</i>	50 millions
Capsanem*	<i>Steinernema carpocapsae</i>	25 millions

*produits fournis par la société Koppert

Des bouquets floraux présentant au moins 1 dégât de clou de girofle (bouton floral avorté hébergeant l'insecte) ont été récoltés le 15/05/2018 sur les pommiers de la station cidricole de Sées sur des parcelles non traitées pour l'anthonome. Un contrôle (destructif) sur une vingtaine de bouquet a été effectué au préalable afin de s'assurer du stade larvaire majoritaire de l'anthonome présent dans les boutons prélevés. Chaque bouquet est placé dans un pot plastique de 250 ml au fond duquel 5 ml d'eau sont ajoutés afin de garantir une bonne conservation du végétal sur quelques jours. Au total, 30 répétitions par modalité ont été réalisées, chaque pot correspondant à une répétition.



Schéma du protocole utilisé pour l'essai nématode en condition contrôlée contre l'anthonome du pommier.

Traitements

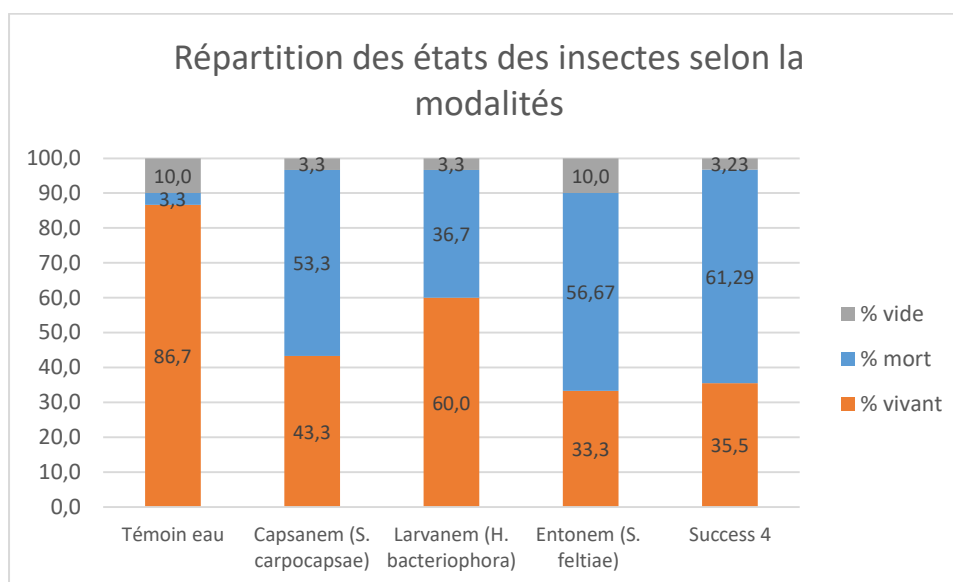
Les solutions de traitement à base de nématodes sont préparées le même jour que la collecte des insectes. Les préconisations du fabricant indiquées sur les étiquettes sont suivies : pré-dilution du sachet dans 5 litres d'eau à 15-20° C. Les applications ont été réalisées au pulvérisateur à main. Ce matériel a été calibré préalablement pour s'assurer de la constance du débit de l'appareil pour un volume de bouille de 800 l/ha. Les bouillies préparées avec les sachets contenant les nématodes ont été additionnées avec 0,15 % de l'adjuvant Squad. Le témoin eau est la première modalité pulvérisée, la référence Success 4 la dernière. Trois rinçages du matériel sont effectués entre chaque traitement.

Après un traitement, chaque pot est individuellement fermé avec une toile insect-proof. Les pots traités sont conservés à l'abri de la lumière directe et de la pluie.

Observations

L'évaluation de l'efficacité des applications des produits a été mesurée le 22/05/2018, soit 8 jours après traitement. L'efficacité des traitements est évaluée par dissection des clous de girofle et évaluation du nombre d'individus vivants/morts dans chaque répétition.

Résultats



Le graphique ci-dessous montre pour les trois modalités traitées une efficacité des produits appliqués par rapport au témoin et à la référence Success 4. Au moment du comptage, près de 90 % des individus sont encore vivants dans le témoin eau alors qu'on observe des mortalités entre 36 et 57 % dans les modalités traitées.

Conclusion

Cet essai confirme les résultats obtenus en 2016 et 2017 : le produit Entonem présente la meilleure efficacité sur les stades larvaires de l'anthronome du pommier. En revanche, on obtient en 2018 une efficacité moindre par rapport aux années précédentes.

Les nématodes n'ont pas été testés sur hoplocampe en laboratoire car le dispositif précédemment employé (programme InnoCidreAB) s'est révélé inefficace dans d'autres sites et a donc été abandonné.

Essai 2 : essai d'efficacité des nématodes en verger

Dispositif expérimental

L'essai d'efficacité des produits sur anthonome adulte a été réalisé au verger sur la variété Douce-Moen, dans la parcelle 6 de la station cidricole de Sées. L'essai comporte 3 rangées de pommiers

Plan : voir en annexe.

Traitements

Les traitements ont été réalisés en soirée avec l'atomiseur KWH Turbo 2 le 18/04/2018 (seuil de 30 adultes/battage dépassé, stade BBCH 52).

Modalité	Produit (s.a.)	Dosage	Volume de bouillie
Référence chimique	Success 4 (Spinosad)	0,2 l/ha	800 l/ha
Nématode	Entonem (<i>Steinernema feltiae</i>)	1 sachet dans 25 l	800 l/ha
Témoin non traité	-		

Observations

L'évaluation de l'efficacité des applications des produit a été mesuré le 22/05/2018 (stade BBCH 69), soit 1 mois environ après traitement. L'efficacité des traitements est évaluée sur 150 bouquets (floraison faible en 2018 suite à un mauvais retour à fleur).

Résultats

Aucun dégât n'a été constaté dans le témoin non traité, ni dans les autres modalités.

Conclusion

Dans les conditions de l'essai en conditions contrôlées, les trois produits commerciaux à base de nématodes parasites permettent de réduire la population de l'anthonome du pommier mais dans une moindre mesure par rapport aux résultats obtenus les années précédentes. Les produits ont été appliqués sur stade larvaire ou sur nymphe. Ces produits sont en effet habituellement préconisés sur les stades larvaires de ravageurs (larve tellurique de l'Otiorhynque, larve du charançon palmivore...).

Dans notre essai, les dégâts sont donc déjà provoqués par la ponte de l'adulte, l'application des produits permet de réduire la population du ravageur pour l'année suivante seulement.

L'essai en conditions réelles au verger a ciblé la période de vol des adultes. Le faible niveau de floraison sur la parcelle disponible, ainsi que l'absence de dégâts dans le témoin non traité ne permettent pas d'obtenir des résultats concluants pour cet essai.

❖ Essais 2019

La terre de diatomée : la diatomite une roche siliceuse très légère (densité entre 0,2 à 0,3, soit 200 à 300 kg/m³), très poreuse (50 à 70 % d'eau), friable et de couleur claire. Elle est composée presque entièrement de "squelettes" de diatomées. Les diatomées sont des micro-algues unicellulaires, présentes dans des conditions variées dans les domaines marins ou lacustres, et entourées d'un test en silice dont l'accumulation peut conduire à la formation d'une roche. On parle aussi de terre de diatomée lorsque cette roche n'a subi aucune transformation, mis à part sont broyage pour la mettre en poudre.

La forte proportion en silice de la terre de diatomée permet des usages variées : abrasifs, filtres, absorbants ou insecticides. C'est ce dernier usage qui est visé dans le cadre des essais présentés ici. Le dioxyde de silicium composant la terre de diatomée agit par abrasion de la cuticule et des voies digestives des insectes ; ces derniers meurent ainsi par dessiccation.

Partenaire : Société Ripert.

Essai 1 : essai d'efficacité de la terre de diatomée sur adultes d'anthonome en conditions contrôlées (IFPC)

Cette expérimentation a été réalisée en conditions semi-contrôlées à la station cidricole de l'IFPC. Elle vise à étudier l'efficacité de la terre de diatomée sur la forme adulte de l'anthonome du pommier, en comparaison à un témoin eau et le Spinosad (Success 4) utilisé en dérogation en agriculture biologique.

Dispositif expérimental

Les adultes d'anthonome du pommier ont été capturés dans le verger de la station cidricole de Sées le 8 avril 2019. Les insectes sont collectés grâce à des frappages sur les branches charpentières des arbres. Les frappages ont été effectués en fin d'après-midi, les insectes étant récupérés grâce à un parapluie japonais. Les anthonomes sont ensuite conditionnés par lots de 10 dans des flacons plastiques puis placés à 6° C pour limiter leur activité avant de réaliser les traitements.

Traitements

Le lendemain de la collecte sur le terrain, le 9 avril 2019, les flacons contenant les anthonomes sont sortis de la chambre froide afin de préparer les boîtes de pétri destinées aux traitements. Une période après la sortie de frigo est prise afin de choisir uniquement les insectes sortis de leur phase ralentie. On dispose ainsi 10 adultes vivants par boîte de pétri. Au total, 9 boîtes de pétri ont été préparées.



Disposition de 10 anthonomes adultes par boîte de pétri

Les applications ont été réalisées le 9 avril 2019 au pulvérisateur à main. Ce matériel a été calibré préalablement pour s'assurer de la constance du débit de l'appareil pour un volume de bouillie de 800 l/ha. Les bouillies sont préparées au préalable dans des pichets gradués. Le témoin eau est la première modalité pulvérisée, la référence Success 4 la dernière. Trois rinçages du matériel sont effectués entre chaque traitement.



Préparation des solutions de bouillie dans des pichets gradués

Dispositif étudié

Modalité	Nombre de répétition (boîtes de pétri)	Produit	Matière active	Dose du produit (kg ou l/ha)	Volume de bouillie (l/ha)
T0	3 boîtes de 10 adultes	Témoin eau	-	-	800 l/ha
T1	3 boîtes de 10 adultes	Terre de diatomée non calcinée	Dioxyde de silicium	50 kg/ha	800 l/ha
T2	3 boîtes de 10 adultes	Success 4	Spinosad	0,2 l/ha	800 l/ha

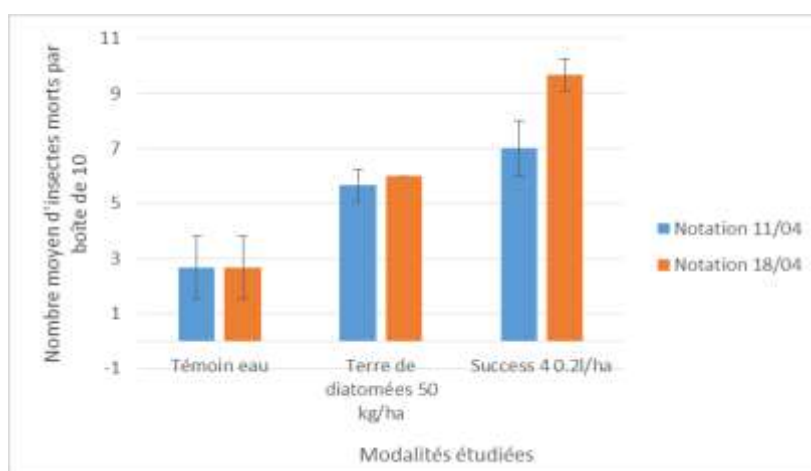
Les boîtes de Pétri sont ouvertes juste avant traitement puis aussitôt refermées après pulvérisation des produits. Les boîtes sont conservées à température ambiante avant observation de l'impact des traitements.

Observations

L'évaluation de l'efficacité des applications des produit a été mesurée le 11 avril 2019 puis le 18 avril soit respectivement 2 et 9 jours après traitement.

L'efficacité des traitements est évaluée par comptage du nombre d'individus vivants/morts dans chaque répétition pour chaque modalité.

Résultats



Graphique représentant le nombre d'insectes morts dénombrés par modalité sur deux dates de notations

La figure ci-dessus montre les résultats des notations d'efficacité aux deux dates d'observation. Les deux produits de traitement montrent une efficacité sur l'adulte de l'anthonome du pommier par rapport au témoin eau. L'efficacité de la terre de diatomée est de 45 % alors que celle du Success 4 est de 96 %.

Conclusion

En conditions contrôlées, l'application de terre de diatomée permet de réduire les populations d'anthonome avec une efficacité partielle de 45 %. Cette efficacité est deux fois moins importante par rapport à l'insecticide biologique de référence qui confirme dans cet essai sa très bonne efficacité sur anthonome.

Essai 2 : essai d'efficacité de la terre de diatomée sur stades larvaires d'hoplocampe en conditions contrôlées (IFPC)

Cette expérimentation a été réalisée en conditions semi-contrôlées à la station cidricole de l'IFPC. Elle vise à étudier l'efficacité de la terre de diatomée sur la forme larvaire de l'hoplocampe du pommier, en comparaison à un témoin eau.

Dispositif expérimental

Les larves nécessaires à l'expérimentation ont été prélevées dans un verger de la variété Cidor situé dans l'Orne (Marcei). Des fruits présentant des dégâts caractéristiques de forage par la larve de l'hoplocampe du pommier ont été cueillis le 11 juin 2019 et conservés en sachet avant leur utilisation.



Larves d'hoplocampe du pommier après extraction des fruits

Au laboratoire, chaque fruit est ouvert afin d'y extraire la larve d'hoplocampe présente. Ces larves sont ensuite conditionnées individuellement dans des pots en plastique avant traitement.

Traitements

Les traitements ont été réalisés le 11 juin comme décrit dans l'essai 1 précédemment. Les traitements sont réalisés sur 23 pots par modalité.

Modalité	Nombre de répétitions	Produit	Matière active	Dose du produit (kg ou l/ha)	Volume de bouillie (l/ha)
T0	23	Témoin eau	-	-	800 l/ha
T1	23	Terre de diatomée non calcinée	Dioxyde de silicium	50 kg/ha	800 l/ha

Observations

L'évaluation de l'efficacité des applications du produit a été observée le 14 juin 2019 soit 3 jours après les applications. Le comptage consiste à dénombrer les individus morts ou vivants par modalité.

Résultats



Mortalité des larves d'hoplocampe du pommier selon les deux modalités étudiées

Conclusion

Cette expérience préliminaire montre une efficacité de la terre de diatomée sur les larves d'hoplocampe de 41 % (méthode d'Abbott).

Essai 3 : parcelle Tellières le Plessis, Orne - essai d'efficacité de la terre de diatomée en verger

Dispositif expérimental

Verger conduit en AB.

Variété : Douce Moën et Judor, verger en 6^{ème} feuille.

Distances de plantation : 2 x 5 m.

Pression anthonome : forte en 2017 et 2018.

Modalités testées :

- T0 : témoin non traité,
- T1 : insecticide biologique,
- T2 : terre de diatomée.

Plan : voir en annexe.

Traitements

La date de traitement est décidée en contrôlant le stade phénologique des 2 variétés et en évaluant la population d'anthonome par frappage. Les applications ont été réalisées avant le pic de vol, au pulvérisateur tracté Turbo 2 KWH. La bouillie avec la terre de diatomée a été préparée au préalable à la station cidricole de Sées.

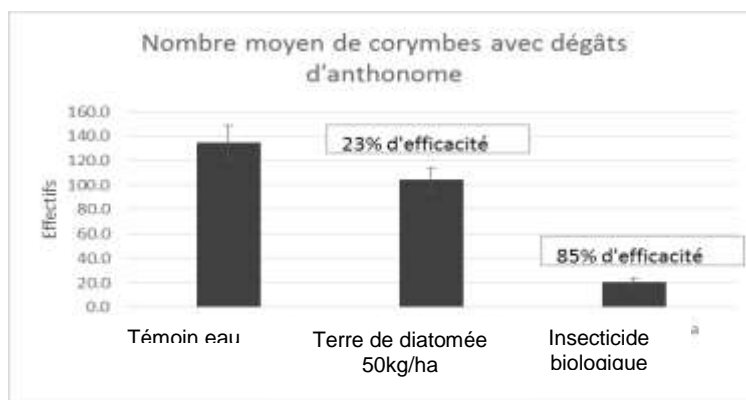
Date	Variétés	Stade	T0	T1	T2
29/03/19	Douce Moen	B	-	Terre de diatomée 50 kg/ha	Insecticide biologique
	Judor	A/B			
Volume de bouillie total			-	1000 litres/ha	500 litres/ha

Observations

L'évaluation de l'efficacité des applications des produits a été mesurée le 13 mai 2019 par observation de 500 bouquets par modalité (soit 166 bouquets par répétition environ). Un bouquet est noté avec dégâts si au moins une fleur présente les dégâts caractéristiques de clou de girofle.

Résultats

On constate une forte infestation d'anthonome du pommier dans le témoin eau avec en moyenne 135 bouquets attaqués sur 166 soit plus de 80 % de dégâts. Les efficacités des traitements avec la terre de diatomée et l'insecticide biologique sont respectivement de 23 % et 85 % (méthode d'Abbott). Aucun dégât d'hoplocampe n'est observé.



Nombre moyen de dégâts d'anthonome par modalité (notations sur 3 répétitions de 166)

Conclusion

L'essai au verger confirme la tendance des essais en conditions contrôlées, avec une efficacité de la terre de diatomée sur anthonome de seulement 23 % alors que l'efficacité de l'insecticide biologique se maintient à 85 %.

Essai 4 : parcelle Tour en Bessin, Calvados - essai d'efficacité de la terre de diatomée en verger

Dispositif expérimental

Verger conduit en AB depuis 2009.

Variété : Cidor, plantation 1992.

Distances de plantation : 2,5 x 5,5 m.

Pression anthonome : forte depuis plusieurs années.

Modalités testées :

- T0 : témoin non traité,
- T1 : insecticide biologique,
- T2 : terre de diatomée.

Les traitements ont été effectués sur des blocs de rangs entiers.

Plan : voir en annexe.

Traitements

Date	Conditions climatiques	Stade	T0	T1	T2
22/03/19	T1 : 15° C – 16° C (à 15h00) T2 : 10,5° C – 11° C (à 11h30)	B/C (20/03/19)	-	Insecticide biologique	Terre de diatomée 50 kg/ha
29/03/19	17°C – 20°C (à 15h30)	C3/D (27/03/19)	-		Terre de diatomée 50 kg/ha
Volume de bouillie total			-	200 litres/ha	500 litres/ha

Observations et résultats

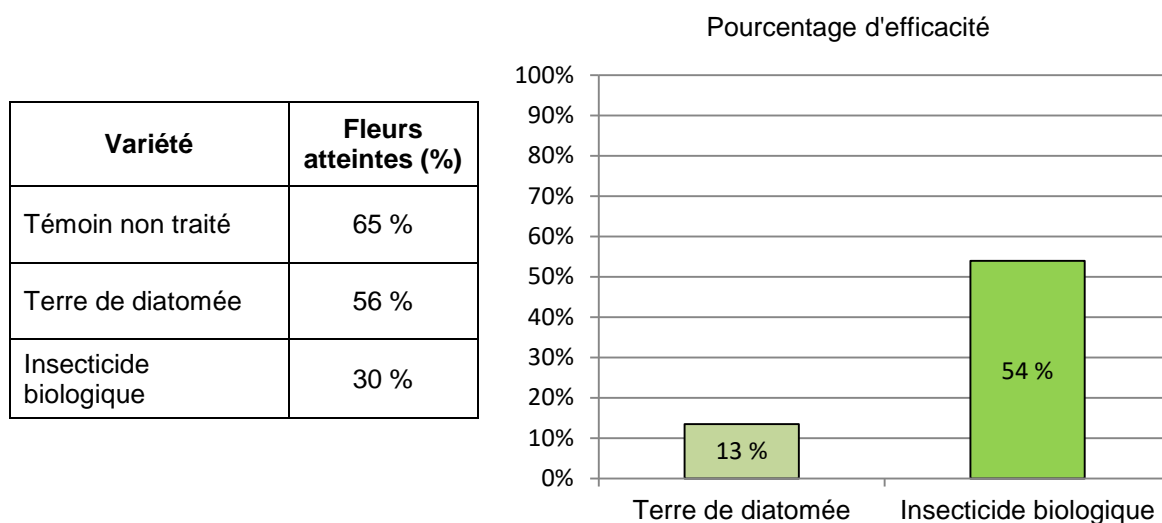
Frappages

Date	Conditions climatiques	Stade	% frappages positifs (*)		
			T0	T1	T2
20/03/19	19° C très beau temps	B/C	20 % - 30 %		
27/03/19	15° C	C3/D	100 %	100 %	12 %

*Un ou plusieurs adulte(s) récolté(s) par frappe

Flours touchées/efficacité de traitement

Les comptages ont été effectués sur 1000 fleurs choisies aléatoirement sur le rang.



Hoplocampe : aucun dégât observé.

Conclusion

Les deux traitements de terre diatomée ont été faits dans de bonnes conditions (température, absence de vent). Le frappage initial avant interventions du 20 mars 2019 indique la présence d'anthonome sur la parcelle (20 – 30 % frappages positifs). Lors du second frappage, effectué 5 jours après les interventions du 22 mars (1^{er} passage terre de diatomée et insecticide biologique), on constate que le taux de frappages positifs, pour la modalité terre de diatomée a plus que triplé. Il est similaire au témoin (100 %). Pour la modalité Insecticide biologique, ce pourcentage baisse de moitié. Si on compare le pourcentage d'efficacité des deux traitements, on remarque que l'insecticide biologique est quatre fois plus actif que la terre de diatomée.

Avec 13 % d'efficacité, le résultat avec la terre de diatomée n'est pas probant, contrairement à l'insecticide biologique. On notera néanmoins que cette modalité présente quand même 30 % de dégâts. Dans un contexte de forte pression du ravageur comme c'est le cas ici, l'efficacité n'est donc pas optimale. Une seconde intervention aurait été nécessaire.

Essai 5 : parcelle Flamanville, Seine Maritime - essai d'efficacité de la terre de diatomée en verger

Dispositif expérimental

Verger conduit en AB depuis 2009.

Variété : Douce Moën, plantation 1992.

Distances de plantation : 2,5 m x 5 m.

Pression anthonome : élevée.

Modalités testées :

- T0 : témoin non traité,
- T1 : terre de diatomée,
- T2 : insecticide biologique.

L'essai comporte 4 rangs. Les traitements ont été effectués sur des blocs de 40 arbres par rang.

Plan : voir en annexe.

Traitements

Date	Conditions climatiques	Stade	T0	T1	T2
01/04/19	Très beau temps 18° C	B	-	Terre de diatomée 50 kg/ha	Insecticide biologique
08/04/19	Beau temps, 15° C, suivi d'un peu de vent et d'humidité et d'une pluie de 10 mm les 09/04 et 10/04	C3	-	Terre de diatomée 50 kg/ha	
Volume de bouillie total			-	1000 litres/ha Passage en 2 fois à 500 litres	500 litres/ha

Observations et résultats

Frappages

Date	Conditions climatiques	Stade	% Frappages positifs*		
			T0	T1	T2
25/03/19	10° C temps frais vent	(A)/B	11 %		
29/03/19	19° C très beau temps	B	34 %		
08/04/19	15° C	C/(B)	18 %	24 %	4 %
18/04/19	21° C	C3/D	0 %	14 %	16 %

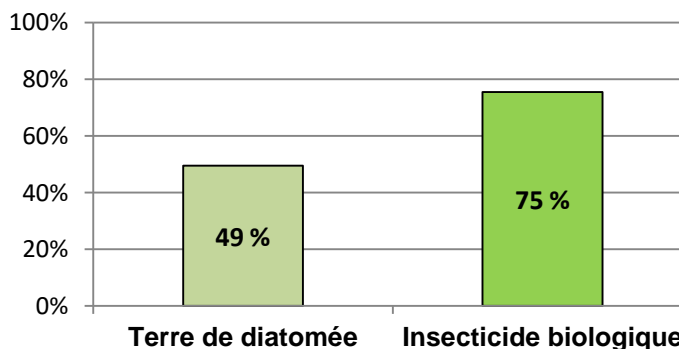
*Un ou plusieurs adulte(s) récolté(s) par frappe

Flurs et bouquets touchés/efficacité de traitement

Les comptages ont été faits sur 500 fleurs choisies aléatoirement sur le rang pour chaque modalité.

Pourcentage d'efficacité

Modalité	Flurs atteintes (%)
TNT	59 %
Terre de diatomée	30 %
Insecticide biologique	14 %



Hoplocampe : aucun dégât observé.

Conclusion

Le deuxième traitement de terre de diatomée (08/04) a été suivi d'humidité et de vent, ce qui a pu impacter son efficacité. Les autres traitements ont été faits dans de bonnes conditions.

Le frappeage du 08/04 effectué 7 jours après les 1^{ères} applications des traitements indique une diminution du nombre de frappages positifs pour toutes les modalités (T0 inclus). Les résultats du dernier frappeage (18/04) 7 jours après la 2^{nde} application de terre de diatomée montrent une augmentation du nombre de frappages positifs pour la modalité terre de diatomée. La modalité témoin est celle avec le moins de frappages positifs. Les frappages ne permettent donc pas de mettre en évidence une diminution de la population de ravageurs grâce aux différents traitements.

D'après le calcul du pourcentage d'efficacité, l'insecticide biologique montre un niveau d'efficacité supérieur à la terre de diatomée. On constate deux fois moins de dégâts sur fleurs par rapport au témoin pour la modalité terre de diatomée et quatre fois moins pour la modalité insecticide biologique.

Ce dernier essai confirme la tendance des deux autres essais en verger, la terre de diatomée semble avoir une efficacité sur l'anthonome, néanmoins, celle-ci est inférieure à celle de l'insecticide biologique.

Essai 6 : parcelle Formigny, Calvados - essai d'efficacité du Polithiol en verger

Le Polithiol : ce produit est utilisé pour lutter contre les stades hivernants des ravageurs (pucerons, psylles, acariens et cochenilles), essentiellement en arboriculture fruitière. Il est composé d'huile de paraffine et de soufre. Il peut être utilisé en préventif sur les adultes et en curatif sur les œufs et stades hivernants. Cette solution de biocontrôle est utilisable en agriculture biologique.

Partenaire : Société UPL.

Dispositif expérimental

Lieu : Calvados.

Verger conduit en AB.

Variétés : Kermerrien (2,5 x 5,5 m).

Fréquin rouge (3 x 5,5 m).

Date de plantation : verger 26^{ème} feuille.

Pression anthonome : moyenne.

Modalités testées :

- T0 : témoin non traité,
- T1 : insecticide biologique,
- T2 : Polithiol (huile + soufre).

Les traitements ont été effectués sur des blocs de rangs entiers.

Plan : voir en annexe.

Traitements

Date	Variété	Conditions climatiques	Stade	T0	T1	T2
28/03/19	Fréquin Rouge	14° C – 16° C	C	-	Insecticide biologique	Polithiol 50 litres/ha
31/03/19	Kermerrien	Ensoleillé 15° C – 16° C	C	-	Insecticide biologique	Polithiol 50 litres/ha
Volume de bouillie total				-	500 litres/ha	1000 litres/ha

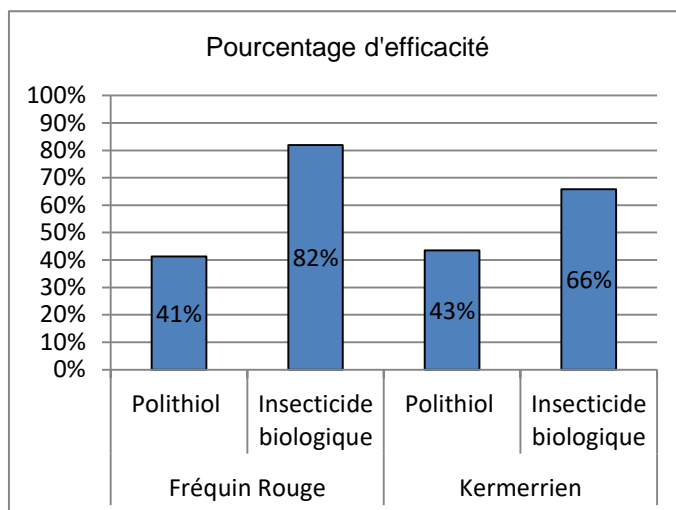
Observations et résultats

Frappages

Date	% Frappages positifs	
	Fréquin rouge	Kermerrien
27/03/19	60 %	< 10 %
28/03/19	100 % (avant traitement)	50 % – 60 %
31/03/19	x	80 % – 90 % (avant traitement)

Flours touchées/efficacité produits

Variété	Modalité	Flours atteintes (%)
Fréquin Rouge	TNT	34 %
	Polithiol	20 %
	Insecticide biologique	6 %
Kermerrien	TNT	27 %
	Polithiol	15 %
	Insecticide biologique	9 %



* Les comptages ont été faits sur 1000 fleurs choisies aléatoirement sur le rang.

Hoplocampe : aucun dégât observé.

Conclusion

Les traitements ont été réalisés dans de bonnes conditions.

L'insecticide biologique est la modalité la plus efficace avec 82 % d'efficacité pour Fréquin Rouge et 66 % pour Kermerrien. Pour les deux variétés, l'efficacité est d'environ 40 % avec le Polithiol. Il est important de prendre en compte le niveau de pression anthonome modéré sur cette parcelle avec, pour les témoins non traités, seulement 34 % et 27 % de fleurs atteintes selon la variété.

Essai 7 : parcelle Le Theil, Orne - essai d'efficacité de la quassine et de l'argile en verger

La quassine : la quassine est extraite de la plante tropicale, le *Quassia amara*. Elle a des effets neurotoxiques et elle agit par contact et ingestion (Gomez et al., 2006). C'est un larvicide très efficace sur jeunes larves. Elle a démontré son efficacité sur hoplocampe. Pour le moment aucun produit à base de quassine n'est homologué en France.

Dispositif expérimental

Variété : Atroche, plantation hiver 2015/2016.

Distances de plantation 2,5 x 5,5 m.

Pression anthonome : modérée.

Modalités testées :

- T0 : témoin non traité,
- T1 : écorce de Quassia,
- T2 : argile kaolinite,
- T3 : insecticide biologique.

Plan : voir en annexe.

Traitements

Ecorce de Quassia – quassine (T1) – 25 kg/ha, pour 2 applications (deux décoctions sur le même lot d'écorce).

Argile (T2) – 3 interventions : 50, 30 et 30 kg/ha (base 1000 l), stades B à D (Fleckinger). Passages croisés. Renouvellement si lessivage (1 épisode pluvieux > 20 mm, ou 30 mm cumulés en plusieurs épisodes depuis traitement).

Insecticide biologique (T3) – 0,2 l/ha de verger, en 2 applications (2 x 0,2 l /ha traité, passage 1 inter-rang/2 ; soit 0,1 l/ha de verger à chaque intervention).

Volume d'eau :

T1		T2		T3	
Pour 1 ha ¹⁾	1815 m ² ²⁾	Pour 1 ha ¹⁾	1980 m ² ²⁾	Pour 1 ha ¹⁾	2640 m ² ²⁾
400 l	73 l	400 l	79 l	200 l	106 l

¹⁾ 1 ha de verger ; ²⁾ m² de surface traitée

Dose de produit :

T1		T2		T3	
Pour 1 ha ¹⁾	1815 m ² ²⁾	Pour 1 ha ¹⁾	1980 m ² ²⁾	Pour 1 ha ¹⁾	2640 m ² ²⁾
25 kg pour 2 passages	4,5 kg pour 2 passages	20 ; 12 ; 12 kg ³⁾	4 ; 2,5 ; 2,5 kg ³⁾	0,2 l en 2 passages	52,8 ml par passage

³⁾ les doses d'argile sont calculées sur la base de 400 litres d'eau /ha (jeune verger) : 5 kg/hl pour la 1^{ère} intervention, 3 kg/hl pour la 2^{ème} et 3 kg/hl pour la 3^{ème}.

Date des interventions et phénologie (Fleckinger) :

T1		T2		T3	
Date	Phéno	Date	Phéno	Date	Phéno
23/03	B	20/03	B	23/03	B
02/04	C3	29/03	C3	02/04	C3
-	-	?	D	-	-

Quassia et Insecticide biologique : positionnement des traitements en fonctions des sondages effectués.

Argile : assurer une couverture optimale des arbres entre les stades B et D (suivi des stades par le producteur et le technicien).

Observations et résultats

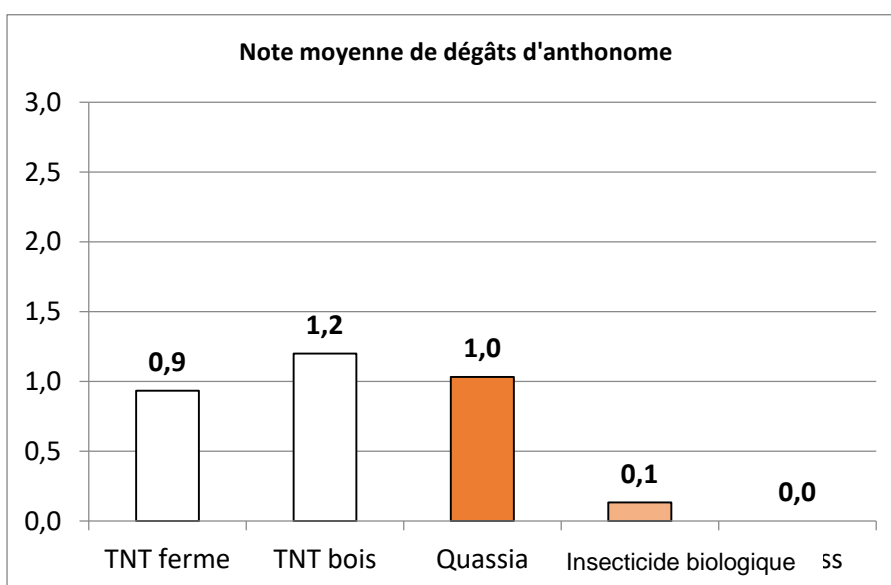
Frappages

date	T0	T1	T2	T3
19/03/2019	7 % (100 frappes réalisées sans distinguo entre moda)			
29/03/2019	Présence près du bois			

Dégâts à la floraison

Une notation du nombre de bouquets atteints sur des branches repérées fin mars était prévue. Etant donné l'importance des dégâts de tordeuses, celle-ci a été abandonnée pour se limiter à une notation globale à l'arbre.

Une note de 0 à 3 de présence de symptômes de dégâts d'anthonome a été attribuée sur 15 arbres de chaque modalité (0 = pas de clou de girofle; 3 = forte attaque). Les arbres étaient au stade G/H le jour de la notation (02/05/19). Les résultats sont présentés ci-après.



On note une très faible présence de dégâts d'anthonome sur l'ensemble de la parcelle. Les modalités argile et insecticide biologique sont celles avec le moins de dégâts.

Il est important de noter qu'une très forte présence de tordeuses au moment de la notation a été observée. Les tordeuses consomment notamment les étamines et les pistils sur des fleurs où les pétales s'étaient ouverts. L'attaque est assez importante visuellement mais pas forcément grave (pour le développement de l'arbre). Sur la modalité insecticide biologique, les dégâts sont beaucoup moins importants. De fait, les arbres paraissent beaucoup plus sains (la différence est saisissante).

Conclusion

Seules l'argile et la référence insecticide biologique présentent une efficacité dans le contexte de l'essai, en comparaison du témoin non traité. L'efficacité du Quassia sur anthonome apparaît limitée, elle donne en effet des résultats similaires au témoin non traité.

❖ Essais 2020

Essai 1 : parcelle Tellières le Plessis, Orne - essai d'efficacité de la terre de diatomée en verger

Dispositif expérimental

Verger conduit en AB choisi pour une pression importante en anthonome du pommier en 2018 et 2019.

Lieu : Tellières le Plessis.

Variété : Kermerrien (pollinisée par Douce Coët Ligné).

Distance de plantation : 5,5 m x 2 m.

Applications : assurées par l'IFPC avec l'atomiseur Turbo 2 KWH sauf pour la référence (T4) qui est assurée par le producteur.

Plan : voir en annexe.

Modalités testées

Modalité	Produit formulé (P.F.) ou code	Nb applications max	Dose	Volume de bouillie
T1	Témoin non traité			
T2	Terre de diatomée	2	50 kg/ha	1000 litres/ha
T4	Insecticide biologique	2	0,2 litre/ha	Selon pratique producteur

Battages et traitements

La date des traitements est décidée en contrôlant le stade phénologique des variétés de chaque parcelle et en évaluant la population d'anthonome adulte par battage.

Les résultats du premier battage ont déclenché la première application, puisque 59 adultes ont été retrouvés pour 100 battages. L'application A a donc été effectuée le 23/03. Le vol de l'anthonome s'est prolongé début avril, une application B a donc été réalisée le 10/04.

Date	Stade phénologique Kermerrien	Modalité	Effectifs retrouvés (Nb anthonome/Nb battages)	Effectifs corrigés pour 100 battages
19/03/20	B	Toute la parcelle	59/100	59/100
23/03/20	APPLICATION A sur T2 et T4			
01/04/20	B-C	T1 - TNT	20/50	40/100
		T2 - terre de diatomée	21/50	42/100
		T4 - insecticide biologique	4/50	8/100
08/04/20	B-C	T1 - TNT	17/50	34/100
		T2 - terre de diatomée	20/50	40/100
		T4 - insecticide biologique	18/50	36/100
10/04/20	APPLICATION B sur T2 et T4			
21/04/20	E2/F1	T1 - TNT	8/40	20/100
		T2 - terre de diatomée	7/40	17,5/100
		T4 - insecticide biologique	3/40	7,5/100

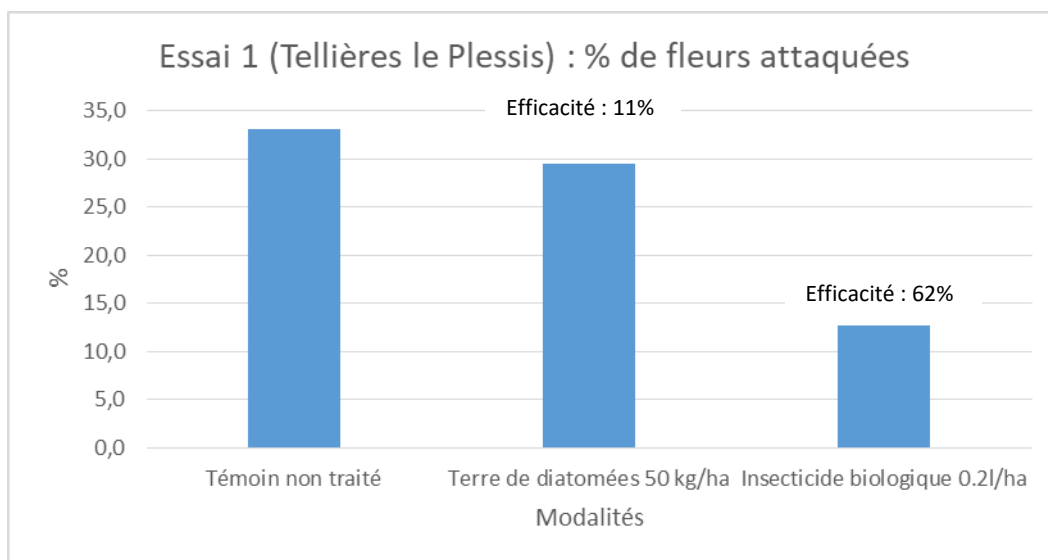
Observations

L'efficacité des applications des produits a été évaluée le 7 et le 20 mai 2020. Pour cela, on a procédé à l'observation de 1000 fleurs par modalité, en dénombrant le nombre de fleurs présentant les dégâts caractéristiques de clou de girofle.

Aucun dégât d'hoplocampe n'était à déplorer (notation le 29 mai 2020).

Résultats

Le graphique ci-dessous montre les résultats des notations d'efficacité. On constate une proportion de dégâts d'environ 30 % (terre de diatomée). L'efficacité des traitements avec la terre de diatomée est de 11 % (méthode d'Abbott).



Essai 2 : parcelle L'Hermitière, Orne - essai d'efficacité de l'argile en barrière physique en verger

Dispositif expérimental

Verger conduit en AB choisi pour une pression importante en anthonome du pommier en 2018 et 2019.

Lieu : l'Hermitière.

Variété : Bedan.

Distance de plantation : 5,5 m x 2 m.

Applications : assurées par le producteur.

Plan : voir en annexe.

Modalités testées

Modalité	Produit formulé (P.F.) ou code	Nombre applications max	Dose	Volume de bouillie
T1	Témoin non traité			
T4	Insecticide biologique	2	0,2 litre/ha	700 litres/ha
T5	Argibio	3	50 kg ou 30 kg/ha	1000 litres/ha

Battages et traitements

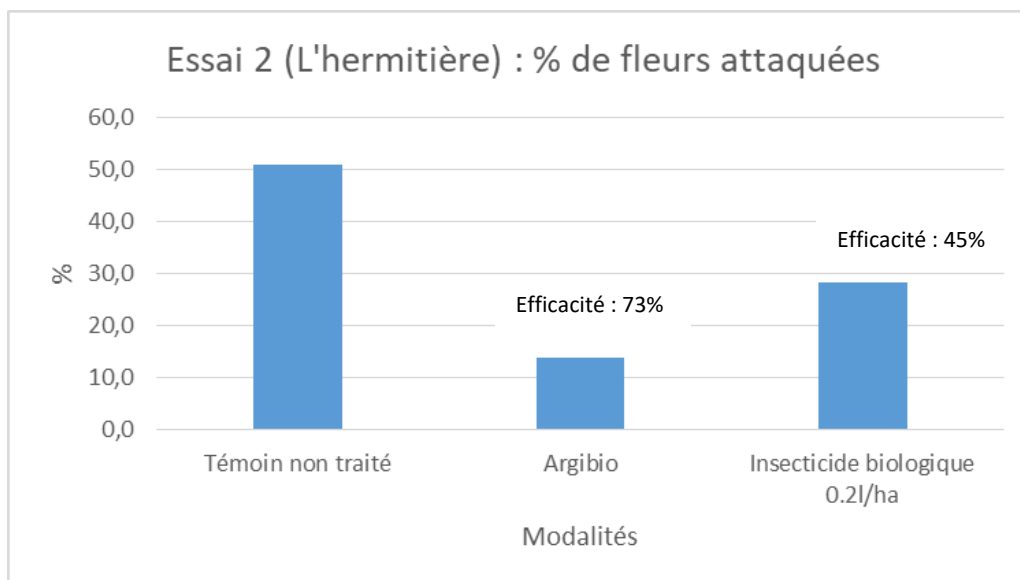
La date des traitements est décidée en contrôlant le stade phénologique des variétés de chaque parcelle et en évaluant la population d'anthonome adulte par battage.

Date	Stade phénologique Bedan	Modalité	Effectifs retrouvés (nb anthonome/nb battages)	Effectifs corrigés pour 100 battages
18/03/20	A	Toute la parcelle	0/100	0/100
26/03/20	A-B	Toute la parcelle	0/100	0/100
09/04/20	B	T1 - TNT	18/20	90/100
		T4 - insecticide biologique	45/20	225/100
		T5 - argile	29/20	145/100
1^{ère} intervention T4 et T5 le 10/04				
15/04/20	A-B	T1 - TNT	4/50	8/100
		T4 - insecticide biologique	2/50	4/100
		T5 - argile	4/50	8/100
2^{ème} intervention T4 et T5 le 20/04				
22/04/20	C-C3	T1 - TNT	35/40	87,5/100
		T4 - insecticide biologique	20/40	50/100
		T5 - argile	36/40	90/100
05/05/20	D-E	T1 - TNT	7/20	35/100
		T4 - insecticide biologique	4/20	20/100
		T5 - argile	7/20	35/100

Observations

L'efficacité des applications des produits a été évaluée le 7 et le 20 mai 2020. Pour cela, on a procédé à l'observation de 1000 fleurs par modalité, en dénombrant le nombre de fleurs présentant les dégâts caractéristiques de clou de girofle.

Aucun dégât d'hoplocampe n'était à déplorer (notation le 29 mai 2020).



Résultats

Le graphique ci-avant montre les résultats des notations d'efficacité. On constate une proportion de dégâts d'environ 50 % dans le témoin. L'efficacité des traitements avec l'argile est de 73 % (méthode d'Abbott).

On constate que l'efficacité du traitement de l'insecticide biologique est relativement faible dans cet essai ce qui peut s'expliquer par des applications trop tardives.

Essai 3 : parcelle Boisemont, Eure - essai d'efficacité de la terre de diatomée en verger

Dispositif expérimental

Verger conduit en AB depuis 2017.

Variété : Douce de Moën et Douce Coët plantation 1998.

Distances de plantation : 2,5 m x 5 m.

Pression anthonome : moyenne.

Modalités testées :

- T0 : témoin non traité,
- T1 : terre de diatomée en poudrage à 50 kg/ha ; 2 passages dans chaque sens par rang,
- T2 : insecticide biologique à 0,2 l/ha.

L'essai comporte plusieurs rangs pour chaque modalité.

Plan : voir en annexe



Application de la terre de diatomée à la poudreuse le 10/04/2019 à Boisemont

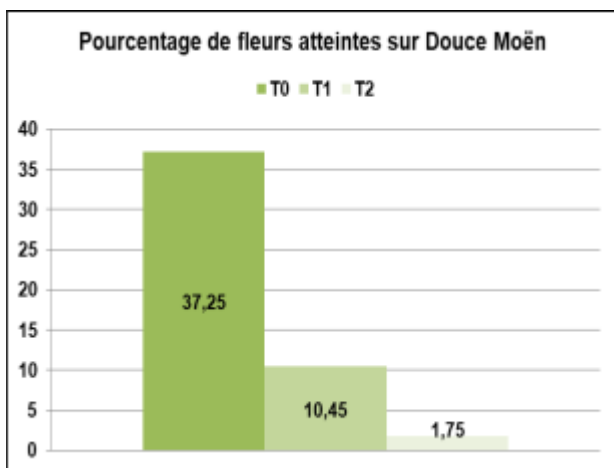
Frappages et interventions

Date	Conditions climatiques	Stade phénologique	Zone de frappage	Nombre d'anthonomes/nb de frappages
24/03/2020	13° C soleil vent d'est 25 km/h	A/B	Début à milieu du verger (à venir T1 et T2)	22/100
			Fin du verger vers la pointe (à venir T2)	10/100
			Pointe du verger (à venir T0)	60/100
T1 le 27/03 et T2 le 31/03 03 ; beau temps froid				
02/04/2020	10° C couvert avec éclaircies léger vent	B	T1	14/50
			T2 1ère partie	10/50
			T2 2ème partie	22/50
			T0	50/50
T1 le 09/04 et T2 le 10/04 ; très beau temps chaud				

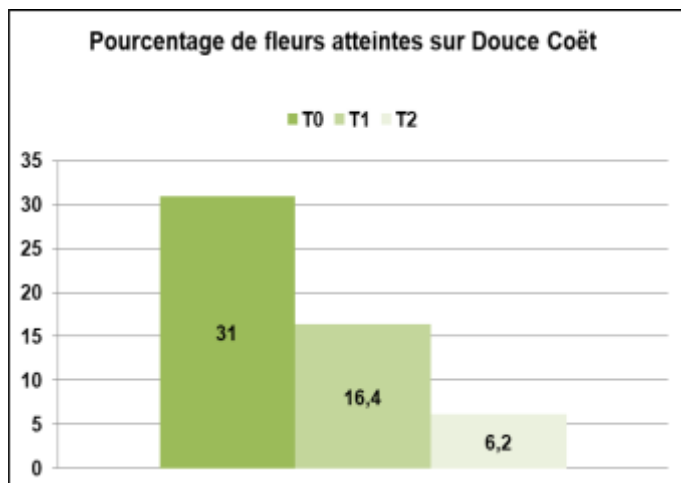
Les frappages montrent que la pression anthonome est importante sur cette parcelle. Le frappeage effectué le 02/04 montre que les premières interventions pour T1 et T2 ne permettent pas de diminuer les populations. Les interventions ont donc été renouvelées.

Résultats

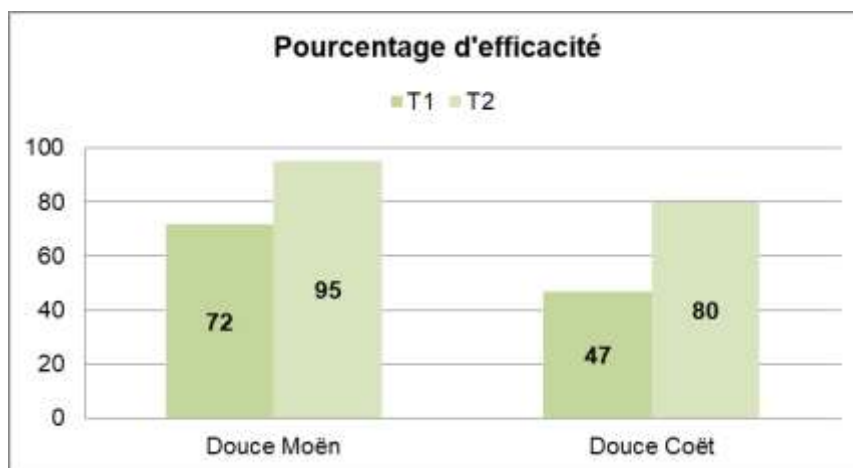
Les comptages ont été faits sur 1000 fleurs choisies aléatoirement sur le rang pour chaque modalité.



Les dégâts sont importants sur le témoin non traité et nettement plus faibles sur les modalités T1 et T2.



Les dégâts sont importants sur le témoin non traité et nettement plus faibles sur les modalités T1 et T2. Le niveau de dégât un peu plus élevé sur les modalités traitées que sur la variété Douce Moën.



L'insecticide biologique(T2) a une très bonne efficacité.

La terre de diatomée (T1) montre une efficacité très intéressante, inférieure à celle de l'insecticide biologique.

L'efficacité des 2 modalités est moindre sur la variété Douce Coët ce qui peut s'expliquer par un léger décalage de floraison (quelques jours de précocité et donc un moins bon positionnement des produits).

Aucun dégât d'hoplocampe observé sur les 2 variétés.

Conclusion

Dans des conditions de pression relativement élevée, la terre de diatomée appliquée à raison de 2 interventions en poudrage à 50 kg/ha a montré une efficacité significative de 72 % sur la variété Douce Moën et une efficacité moindre mais néanmoins intéressante de 47 % sur la variété Douce Coët sans doute en raison d'un léger décalage de floraison (4 à 5 jours de précocité). Cette efficacité est inférieure à celle de l'insecticide biologique qui est de 95 % sur Douce Moën et de 80 % sur Douce Coët avec 2 passages. La terre de diatomée a donc une efficacité sur l'anthonome, néanmoins, celle-ci est inférieure à celle de l'insecticide biologique.

▪ Conclusion de la sous-action 1.1 - solutions de biocontrôle sur ravageurs émergents, anthonome et hoplocampe

Ce programme a permis de réaliser 3 essais en laboratoire et 9 essais en verger avec 4 pistes de solutions de biocontrôle testées.

Anthonome

Les principaux résultats par type de solution de biocontrôle testée sont les suivants :

Nématodes

- Efficacité en laboratoire trop faible pour envisager des essais en verger.

Terre de diatomée

- Au laboratoire : efficacité moyenne de 41 % du produit en solution dans l'eau,
- En verger : 5 essais. Les niveaux d'efficacité sont très variables allant 11 % à 72 %. L'efficacité la plus importante est obtenue par l'application sous forme de poudrage à raison de 2 applications à 50 kg/ha. Elle est néanmoins inférieure à celle de la référence de l'insecticide biologique.

Argile

- 2 essais en verger (1 essai difficilement exploitable en raison de la très forte présence de tordeuses des bourgeons),
- Très bonne efficacité de 73 % sur 1 essai avec pression anthonome importante (50 % de dégâts sur le témoin non traité) ; 2 applications réalisées,
- Compte tenu du faible nombre d'essais, cette piste est à confirmer.

Quassine

- 1 essai en verger,
- Aucune efficacité constatée mais résultats difficilement exploitables en raison d'une très forte présence de tordeuses des bourgeons.

Polithiol

- 1 essai en verger,
- Efficacité de 41 à 43 % selon la variété,
- A confirmer sur un plus grand nombre d'essais.

La terre de diatomée et l'argile sont les solutions de biocontrôle qui présentent le plus d'intérêt sur l'anthonome dans nos essais. Il faut cependant bien prendre en compte les limites de ces produits mises en évidence lors de ces essais :

- la forte variabilité des résultats observés,
- L'importance du mode d'application. La poudreuse est en effet un matériel très spécifique à usage unique pour ce produit pour la terre de diatomée ; répétition d'au moins 2 applications pour garder suffisamment de produit sur l'arbre pendant toute la période du vol de l'anthonome,
- Le manque de recul sur l'argile vu le faible nombre d'essais,
- Il est à noter que l'efficacité globale de toutes ces solutions de biocontrôle a été testée par rapport à celle de l'insecticide biologique de référence lorsqu'il est appliqué 2 fois pendant la période de vol.

Hoplocampe

Toutes les solutions de biocontrôle testées dans l'action 1.1 ont donné lieu à des observations sur les effets secondaires sur hoplocampe.

La terre de diatomée présente une efficacité partielle en laboratoire sur larves d'hoplocampe. Cette efficacité n'a pas pu être vérifiée en verger car la pression en hoplocampe était trop faible sur les parcelles d'essai avec la terre de diatomée. Il en est de même avec les autres solutions de biocontrôle testées : l'absence de dégâts d'hoplocampe sur les parcelles d'essai ne permet pas de mettre en évidence un effet secondaire des applications dirigées sur anthonome vis-à-vis de l'hoplocampe.

Sous action 1.2 - solutions de biocontrôle pour la moniliose sur fleur

▪ Contexte et état des connaissances

La moniliose sur fleur peut entraîner des pertes de récolte remettant en cause la rentabilité de la production en agriculture biologique (Paris, 2016). Le pommier à cidre est beaucoup plus sensible à cette maladie que le pommier de table. Certaines variétés (Judaine, Cul d'Oison, Bisquet, etc.) ont une sensibilité si forte que cela remet en question leur production en bio.

La moniliose sur fleur, principalement causée par *Monilia laxa*, provoque le dessèchement du bouquet entier qui prend une teinte brune. Le dessèchement affecte aussi les rameaux avec l'apparition de chancres. Ces chancres ainsi que les autres organes atteints constituent des réservoirs de contamination. Au printemps, les conidies issues de ces organes atteints infectent de nouvelles fleurs en pénétrant par les pièces florales. Les conditions d'infection sont liées à une pluie ou une forte hygrométrie. La période de sensibilité des pommiers à cette maladie débute dès l'apparition des pièces florales jusqu'à la fin de la chute des pétales.



Crédit Photo : D. Larson Lambert, Fredon Normandie

Moniliose sur fleur : symptômes de dégâts observés après floraison

Les essais menés dans le programme « InoCidreAB » ont montré que, dans des conditions relativement modérées d'inoculum et sur une variété assez peu sensible, les produits biologiques utilisés sur tavelure, cuivre et soufre, permettent de contenir le niveau de dégâts mais qu'ils sont insuffisants en cas de pression plus élevée. L'ajout de bicarbonate de potassium n'avait pas montré d'intérêt. En revanche, la bouillie sulfo-calciq, produit de biocontrôle également utilisable pour la lutte contre la tavelure pourrait limiter le niveau de dégât comme cela a été montré sur abricotiers (essais SudExpé). Par ailleurs, d'autres substances de biocontrôle nouvellement mises sur le marché revendiquent un effet « asséchant » sur la végétation qui pourrait s'avérer intéressant pour diminuer les conditions d'infection (pluie et/ou forte hygrométrie).

▪ Objectif

Tester l'efficacité de solutions nouvelles de biocontrôle homologuées sur tavelure du pommier vis-à-vis de la moniliose sur fleur.

Essai 1 (2018) : parcelle à Louversey, Eure - essai d'efficacité de la bouillie sulfo calcique Curatio en complément du soufre et du cuivre utilisés sur tavelure sur Juliana en verger adulte

Dispositif expérimental

Variété : Juliana, verger de 25 ans avec fort inoculum en moniliose fleur ; verger conduit en AB depuis 2016.

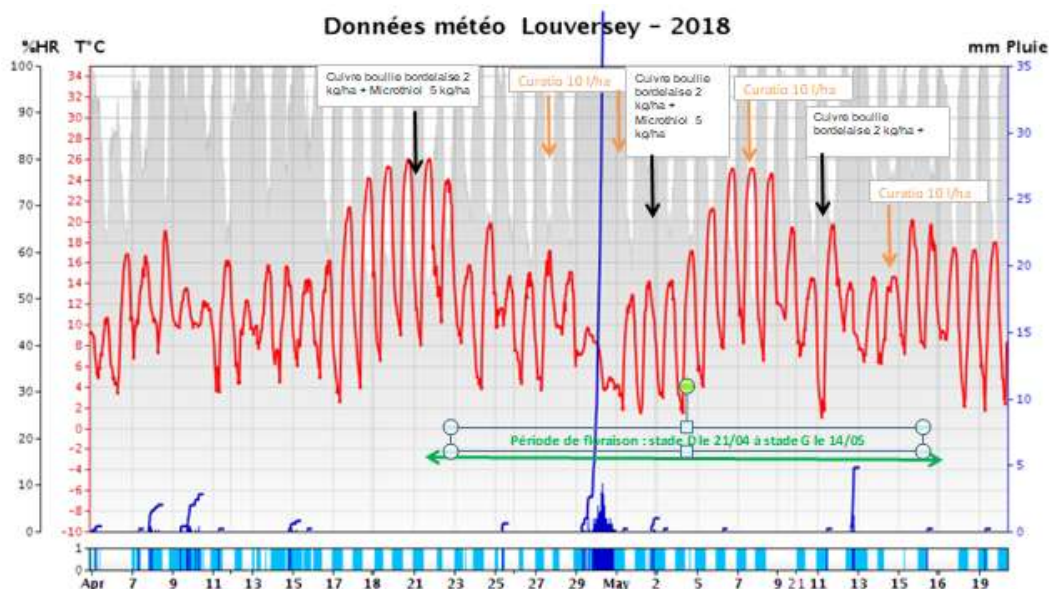
Modalités :

- T0 : témoin non traité : 4 rangs,
- T1 : programme préventif à base sulfate de cuivre dosé à 20 % et de soufre dosé à 80 % appliqué contre la tavelure,
- T2 : programme T1 + interventions curatives avec Curatio (polysulfure de calcium) appliqué contre la tavelure, (dérogation d'usage sur tavelure du pommier en 2018).

Plan de l'essai : voir en annexe.

Interventions

Les interventions sont positionnées en fonction du stade phénologique et des conditions climatiques. Elles débutent dès le stade D et se terminent à la fin de la chute des pétales (stade G). Les données météorologiques proviennent d'une station iMétos située sur le verger.



Les conditions climatiques ont été moyennement favorables à la moniliose sur fleur avec une période de beau temps sec en début de floraison puis de fortes précipitations sur une courte période fin avril-début mai en pleine floraison mais accompagnées de températures fraîches peu favorables à la moniliose sur fleur et enfin une période de temps sec en fin de floraison.

Observations

- Notation des arbres repérés pour avoir un niveau de floraison identique : 10 arbres repérés par modalité.
- Degré d'importance des dégâts de 1 à 5 : 1 = 0 dégâts, 5 = graves attaques fortement pénalisantes pour la production.
- Nombre de bouquets moniliés par arbre.

Résultats

Modalités	Intensité moyenne de floraison (1 à 5)	Intensité moyenne des dégâts (1 à 5)	Nombre moyen de bouquets moniliés / arbre
T0	5	4,3 ns	21,1 ns
T1	5	4,2 ns	21,7 ns
T2	5	3,8 ns	17,6 ns

La présence de moniliose sur fleur est élevée sur toutes les modalités.

L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre modalités. On remarque néanmoins que la présence de moniliose est un peu moins forte sur la modalité T2 intégrant le Curatio en complément du programme préventif cuivre et soufre.

Conclusion

Cet essai montre que, dans le contexte de pression en moniliose élevé, le Curatio ne permet pas d'améliorer de façon significative l'efficacité sur la moniliose fleur d'une protection à base de cuivre et soufre à visée tavelure.

Essai 2 (2019) : parcelle à Louversey, Eure - essai d'efficacité du Curatio en complément du soufre et du cuivre utilisés sur tavelure sur Judaine en jeune verger

Dispositif

Variété : Judaine, verger en 5^{ème} feuille avec inoculum moyen à élevé en moniliose fleur ; verger conduit en AB depuis 2015.

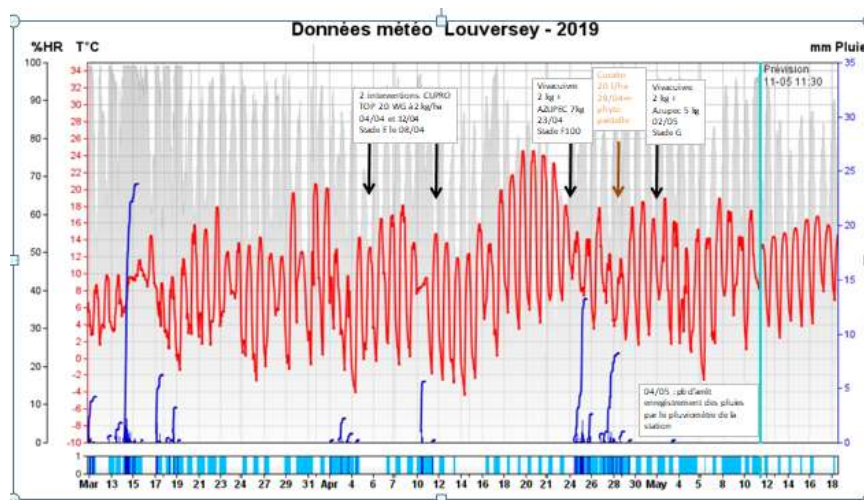
Modalités :

- T0 : témoin non traité : 3 rangs,
- T1 : programme préventif à base sulfate de cuivre et de soufre : 4 rangs,
- T2 : programme préventif à base sulfate de cuivre dosé à 20 % et de soufre dosé à 80 % et curatif intégrant le Curatio (polysulfure cde calcium) appliqué contre la tavelure, (dérogation d'usage sur tavelure du pommier en 2019) : 4 rangs.

Plan de l'essai : voir en annexe.

Interventions

Les interventions sont positionnées en fonction du stade phénologique et des conditions climatiques. Elles débutent dès le stade D/E et se terminent à la fin de la chute des pétales (stade G). Les données météorologiques proviennent d'une station iMétos située sur le verger.



Les conditions climatiques ont été assez favorables à la moniliose sur fleur, pluvieuses et fraîches en début de floraison puis un temps sec en pleine floraison suivi d'un temps pluvieux en fin de floraison. A noter un arrêt de l'enregistrement des pluies le 04/05 par la station automatique, estimées à 5 mm (pluviomètre manuel).

Observations

Notation des arbres repérés pour avoir un niveau de floraison identique : 10 arbres repérés par modalité. Degré d'importance des dégâts de 1 à 5 : 1 = 0 dégâts, 5 = graves attaques fortement pénalisantes pour la production.

Résultats

Modalités	Intensité moyenne de floraison (1 à 5)	Intensité moyenne des dégâts (1 à 5)
T0	2	1,12 ns
T1	3	1,7 ns
T2	2,5	1 ns

La présence de moniliose sur fleur est faible sur toutes les modalités, ce qui peut être lié au faible niveau de floraison observé. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre modalités.

Conclusion

Dans des conditions de faible floraison et de faible présence de moniliose sur fleur, l'efficacité du Curatio ne peut être mise en évidence.

Essai 3 (2020) : parcelle à Berd'huis, Orne - essai d'efficacité du BNA et du Curatio

BNA (Blanc Naturel Arboricole) : le BNA est un produit liquide composé par 600 g/litre de di-hydroxyde de calcium. Il possède un pH très basique (pH de 12) qui pourrait limiter le développement des champignons tels que la moniliose.

Dispositif

Année de plantation : 1996.

Variété : Judaine.

Modalités :

- T0 : témoin non traité,
- T1 : BNA PRO, 1 intervention début stade E à 100 l/ha,
- T2 : BNA PRO et Curatio,
 - 1 intervention avec BNA début stade E à 100 l/ha puis 4 interventions avec Curatio en période pré-florale et durant la floraison (dans le cadre de la lutte tavelure),
- T3 : Curatio seul,
 - 4 interventions avec Curatio durant la période de floraison (dans le cadre de la lutte tavelure).

Volumes d'eau/ha : BNA Pro à 1000 l et Curatio à 700-800 l.

Plan : voir en annexe.

Interventions : dosages

BNA PRO	Curatio
○ 100 l/ha début stade E Application par temps sec, sur bois sec.	○ 20 l/ha au stade E2/E3* (boutons roses à ballons). ○ 16 l/ha au stade F1 (10 à 30 % maxi de fleurs ouvertes). ○ 12 l/ha au stade F2/F3 (50 à 80 % maxi de fleurs ouvertes). ○ 12 l/ha au stade G/H (chute des pétales – floraison déclinante). Application préférentiellement après une pluie (action « stop »).

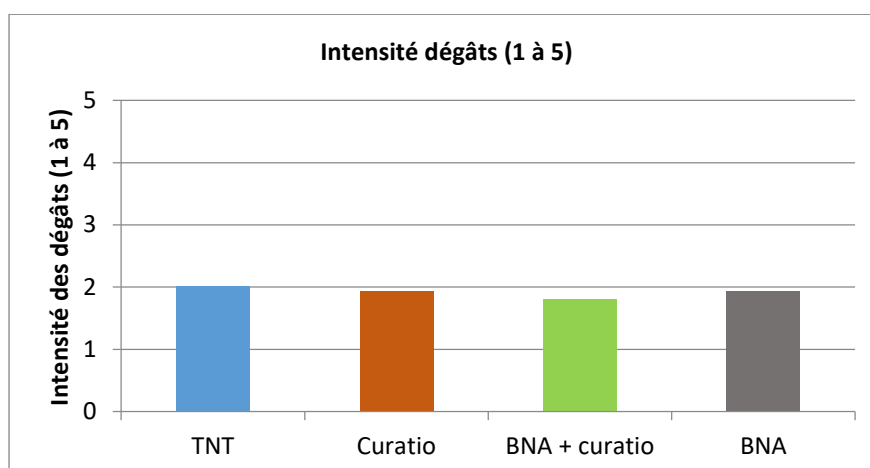
Interventions : stades d'application

BNA		Curatio	
Date	Phénologie	Date	Phénologie
7/4/2020	E	7/4/2020	E
-	-	14/4/2020	F
-	-	17/4/2020	F3
-	-	22/4/2020	G

Observations

- Indice de floraison sur 50 arbres homogènes repérés par modalité,
- Degré d'importance des dégâts : 1 = 0 dégâts, 5 = graves attaques fortement pénalisantes pour la production.

Résultats et conclusion



Les dégâts sur le témoin non traité étaient très faibles. Aucune différence n'a pu être mise en évidence entre modalités.

▪ **Conclusion de la sous-action 1.2 : solutions de biocontrôle pour la moniliose sur fleur**

Sur les 3 essais réalisés, l'efficacité sur la moniliose sur fleur des produits biologiques utilisés dans le cadre de la maîtrise de la tavelure n'a pas été mise en évidence.

Sur les 2 essais avec une présence significative de moniliose, le Curatio n'a montré aucune efficacité, que ce soit en condition de forte pression ou de faible pression de ce champignon.

La problématique de gestion de la moniliose sur fleur en verger cidricole sans produit de synthèse reste entière et ne semble pas pouvoir être résolue par une solution de type produit de biocontrôle.

D'autres moyens et méthodes doivent être réfléchis : ils sont développés dans le paragraphe perspectif en fin de rapport.

IV. SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

1. Action 1 - mise au point de solutions de biocontrôle

Sous action 1.1 - solutions de biocontrôle sur ravageurs émergents : anthonome et hoplocampe

▪ Synthèse des résultats

Sur anthonome, les essais menés dans ce programme ont montré que certaines solutions de biocontrôle testées ne sont pas envisageables compte tenu de leur très faible efficacité : c'est le cas des nématodes et de la quassine. Les solutions de biocontrôle qui se sont révélées les plus efficaces dans ce programme sur anthonome sont :

- l'argile qui a montré un très bon niveau d'efficacité de 73 % dans 1 essai dans un contexte de pression anthonome importante avec 50 % de dégâts sur fleur dans le témoin non traité. L'efficacité de l'argile est liée à la bonne couverture du produit sur les bourgeons : il faut donc renouveler les interventions au moins 2 fois pendant le vol de l'anthonome, voire davantage s'il y a lessivage, avec des doses de 50 kg/ha, puis de 30 kg/ha. Compte tenu de l'existence d'un seul essai, cette piste doit être confirmée par d'autres essais avant de conclure.
- La terre de diatomée a montré des résultats moyens de 41 % en laboratoire, en pulvérisation, en solution sur des adultes d'anthonome. En verger, les résultats des essais en pulvérisation sont décevants : efficacité insuffisante et très variable de 11 % à 49 %. L'application du produit à la poudreuse semble améliorer son efficacité : 72 % et 47 %. Outre la nécessité de posséder une poudreuse, ce qui est très rare en verger cidricole, ce produit présente la contrainte, comme pour l'argile, de devoir être appliqué de façon répétitive pendant tout le vol avec des doses non négligeables : 2 fois 50 kg/ha dans l'essai réalisé.
- Le Polithiol a présenté des résultats moyens de l'ordre de 40 % d'efficacité. Il est cependant difficile de conclure sur ce produit, car il n'a fait l'objet que d'un seul essai.

Enfin, dans la majorité des essais, l'insecticide biologique de référence a montré une efficacité supérieure à celle des solutions de biocontrôle testées.

Sur hoplocampe, l'essai réalisé en laboratoire a montré une faible efficacité de la terre de diatomée sur larves. Sur tous les autres essais, la pression en hoplocampe était insuffisante pour conclure.

▪ Perspectives

La maîtrise des dégâts d'anthonome par des solutions de biocontrôle semble en partie envisageable compte tenu des résultats des essais réalisés dans ce programme. Néanmoins, les produits ayant donné les meilleurs résultats (argile et terre de diatomée) sont d'un emploi complexe : mise en œuvre nécessitant de grandes quantités de produit pour couvrir parfaitement les bourgeons pendant la période du vol de l'anthonome, matériel spécifique nécessaire (pompe adéquate pour l'argile et poudreuse pour la terre de diatomée). Cela rend leur utilisation peu envisageable pour le plus grand nombre des producteurs intéressés pour remplacer leurs intrants par des produits de biocontrôle. Pour la production en agriculture biologique, l'insecticide biologique de référence à base de Spinosad (qui n'est pas classé biocontrôle) a montré de très bonnes efficacités dans nos essais et reste une référence, à condition que la dérogation d'usage avant floraison délivrée depuis plusieurs années soit renouvelée. Toutefois, une efficacité partielle de l'ordre de 50 % comme observé dans ces essais pourrait être suffisante en année de forte floraison et participer ainsi à la régulation de la charge, problématique majeure en verger biologique.

Concernant l'hoplocampe, aucune solution de biocontrôle n'émerge de ce projet vu la faible efficacité des produits en laboratoire et l'absence de dégâts sur les parcelles d'essai. Il reste donc la quassine qui a montré dans le programme précédent une très bonne efficacité sur hoplocampe. Cependant, la généralisation de cette solution de biocontrôle sur le terrain, très attendue par la filière cidricole, se heurte à l'obtention d'une homologation ou à l'approbation en tant que substance de base. Toutefois, une dérogation d'usage de 120 jours obtenue en 2021 laisse peut-être entrevoir des perspectives.

Sous action 1.2 - solutions de biocontrôle pour la moniliose sur fleur

▪ Synthèse des résultats

Les essais menés dans ce programme n'ont pas permis de mettre en évidence l'efficacité d'une solution de biocontrôle vis-à-vis de cette maladie, que ce soit en contexte de forte pression ou en contexte de faible pression.

▪ Perspectives

La gestion de cette maladie sans produit chimique de synthèse pose question car aucune solution de biocontrôle suffisamment efficace n'est disponible.

Il faut donc envisager cette problématique dans le cadre d'une approche systémique. Différentes pistes sont proposées :

- ne plus planter les variétés cidricoles très sensibles type Judaine (variété à jus),
- éviter les blocs importants des variétés sensibles sur une même parcelle,
- améliorer l'aération à l'intérieur de l'arbre par des densités de plantation plus faibles,
- pratiquer une taille très régulière des arbres permettant de diminuer l'inoculum (conservation sous forme de petits chancres) et aussi favoriser, comme proposé via des distances de plantation plus larges, l'aération de la canopée.

Sur des plantations préexistantes où la pression de la maladie ne peut pas être contenue, le sur-greffage est une solution à envisager.

Plus globalement, cette maladie dont l'importance tend à croître d'année en année avec le réchauffement climatique (températures plus élevées à la floraison) pose la question à très court terme de la faisabilité des variétés de pomme à jus (dont certaines sont très sensibles à la moniliose fleur) dans un itinéraire technique sans produit chimique de synthèse. Ceci est un paradoxe alors que le contexte de marché est très porteur pour des jus de pomme bio, naturels ou sans résidus.

D'autres variétés à jus moins sensibles doivent être envisagées pour les futures plantations mais cela réduit considérablement le choix et la diversité variétale de ce type de vergers.