



TECHNIQUES INNOVANTES ISSUES DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE EN VERGER DE POMME A CIDRE INNO CIDRE AB

RAPPORT DE REALISATION 2017



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

Juin 2018
Fiche numéro : 5120174929

SOMMAIRE

PREMIERE PARTIE : RAPPORT DE REALISATION 2017	5
IDENTIFICATION DE L'ACTION	6
DESCRIPTION DU PROGRAMME	7
1. Contexte	7
2. Objectifs	7
3. Présentation générale des actions menées en 2017	8
4. Calendrier et tableau de réalisation	9
5. Diffusion et valorisation du programme	9
DETAIL DES ACTIONS MENEES EN 2017	10
ACTION 1 : contrôle des bio-agresseurs par des méthodes alternatives	10
Sous action 1.1 : contrôle de l'anthonome par des méthodes alternatives	10
Sous action 1.2 : contrôle de l'hoplocampe par des méthodes alternatives	21
Sous action 1.3 : contrôle du puceron cendré par des méthodes alternatives	23
Sous action 1.4 : contrôle du carpocapse par des méthodes alternatives	36
Sous action 1.5 : contrôle de la tavelure par des méthodes alternatives	36
Sous action 1.6 : contrôle du monilia sur fleur par des méthodes alternatives	44
Action 2 : alternatives au désherbage chimique	48
Sous action 2.1 : nouveaux couverts en alternative au désherbage chimique en jeune verger	48
Sous action 2.2 : ajustement des apports de fertilisation et d'irrigation pour compenser l'effet concurrentiel d'un enherbement à la plantation	58
CONCLUSIONS DU PROGRAMME 2017	64
Action 1 : contrôle des bio-agresseurs par des méthodes alternatives	64
Sous action 1.1 : contrôle de l'anthonome par des méthodes alternatives	64
Sous action 1.2 : contrôle de l'hoplocampe par des méthodes alternatives	64
Sous action 1.3 : contrôle du puceron cendré par des méthodes alternatives	64
Sous action 1.4 : contrôle du carpocapse par des méthodes alternatives	65
Sous action 1.5 : contrôle de la tavelure par des méthodes alternatives	65
Sous action 1.6 : contrôle du monilia sur fleur par des méthodes alternatives	65
Action 2 : alternatives au désherbage chimique	66
Sous action 2.1 : nouveaux couverts en alternative au désherbage chimique en jeune verger : 2 essais	66
Sous action 2.2 : ajustement des apports de fertilisation et d'irrigation pour compenser l'effet concurrentiel d'un enherbement à la plantation :	67

SECONDE PARTIE : SUITES DU PROGRAMME	68
SYNTHESE ET PERSPECTIVES	69
DIFFUSION ET VALORISATION	75

**Techniques innovantes issues de l'agriculture
biologique en verger de pommes à cidre
INNO CIDRE AB**

PREMIERE PARTIE : RAPPORT DE REALISATION 2017

IDENTIFICATION DE L'ACTION

❖ ORGANISME DEMANDEUR

Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie - Comité Normand Cidricole (CNC) : 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 - Service Vergers et Produits Cidricoles (SVPC)**
6 rue des Roquemonts – CS 45346 - 14053 CAEN cedex 4.
Contact « Basse-Normandie » : Jean-Charles CARDON.
Contact « Haute-Normandie » : Bruno CORROYER.
Conseillers : Matthieu BENOIT, Alice DENIS et Gaël LEBON.
- **IFPC** - Station Cidricole - La Rangée Chesnel - 61500 SEES - Contacts : Marie-Cécile VERGNEAU et Jean LE MAGUET.
- **Association Bio Normandie** - 6 rue des Roquemonts - 14053 CAEN Cedex 4 - Contact : Claire BOUDEAU-BLANCHARD.

❖ PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

- Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB) à Avignon.
- ITAB : Institut Technique de l'Agriculture Biologique.
- Fredon Nord Pas de Calais à Loos en Gohelle (62).
- Unité Eco-Dev de l'INRA PACA et le groupe « Verger plus durable ».
- Station La Morinière à Saint Epain (37).
- Centre wallon de Recherches Agronomiques à Gembloux, Belgique.
- Sociétés : Koppert, Andermatt, DLF Semences.

❖ PARTENAIRES FINANCIERS

- **FranceAgriMer** – CasDAR.
- **UNICID**.
- **Participations professionnelles**.

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

DESCRIPTION DU PROGRAMME

1. CONTEXTE

Ce programme s'appuie sur un contexte de forte demande de la profession pour les recherches et la mise au point de solutions techniques innovantes et viables permettant de réduire les intrants chimiques dans l'itinéraire de conduite du verger de pomme à cidre. Il s'inscrit aussi :

- au niveau économique : dans une dynamique de besoins en fruits labellisés AB en croissance depuis plusieurs années, en particulier pour l'élaboration de jus (besoins en très forte augmentation).
- Au niveau règlementaire : dans la nécessaire adaptation des pratiques afin de répondre à l'objectif Ecophyto v2 de réduction des produits phytosanitaires à l'horizon 2020.
- Au niveau de la filière : dans une croissance significative des surfaces de vergers biologiques ces dernières années. Les surfaces de vergers de pommes de transformation (jus et cidre) conduits en AB ont augmenté fortement avec + 17 % entre 2015 et 2016. Le verger de pomme à cidre et à jus a dépassé les 3 000 ha en 2016 dont 688 ha en conversion. Près de la moitié des surfaces sont situées en Normandie et on remarque en 2017 une montée des surfaces en conversion dans l'Oise (source Agence Bio). Cette progression s'accompagne d'une exigence technique accrue en raison d'un certain nombre de difficultés liées à la conduite en AB qui peut induire des pertes de rendements significatives par rapport à une conduite conventionnelle.
- Au niveau sociétal : une demande de plus en plus forte des consommateurs pour les produits biologiques qui se retrouve au niveau de la consommation du cidre et des jus surtout, ainsi qu'une demande pour des produits conventionnels peu traités.

A l'échelle nationale, le Programme Ambition Bio 2017 visait le doublement des surfaces en bio à échéance fin 2017, associé à un objectif ambitieux de développement de la consommation. Parmi les six axes d'actions concrètes préconisées par le Programme, l'un visait spécifiquement le renforcement des programmes de recherche et de développement pour et sur l'agriculture biologique, leur pilotage et la diffusion des résultats.

C'est dans ce contexte que le programme pluriannuel INNO CIDRE AB a été mis en place en 2015 en associant les partenaires techniques de la filière compétents dans ce domaine : la CRAN, l'IFPC et l'Association Bio Normandie qui résulte de la fusion en 2017 des groupements régionaux d'agriculteurs biologiques de Basse et de Haute-Normandie. Les essais sont réalisés à la fois dans les laboratoires et vergers de l'IFPC (particulièrement pour les essais en conditions contrôlées) et chez les producteurs. Ceci a l'avantage de permettre à la fois une très bonne adéquation avec les problématiques du projet et une valorisation facilitée.

Les objectifs de ce programme sont de proposer pour l'ensemble des producteurs de la filière des alternatives certes plus respectueuses de l'environnement mais qui doivent également être performantes d'un point de vue technico-économique. Il s'agit de tester l'efficacité de solutions techniques innovantes alternatives aux produits phytosanitaires applicables en agriculture biologique et transposables en verger "conventionnel".

Ce programme s'articule autour de deux actions qui sont la clef de voute pour la réduction des intrants chimiques et la maîtrise d'un itinéraire en bio : 1 - l'alternative aux traitements chimiques avec l'action 1 - « maîtrise des bio-agresseurs » et 2 - la réduction des herbicides avec l'action 2 « alternatives au désherbage chimique ». Chaque action est déclinée en plusieurs sous actions complémentaires.

2. OBJECTIFS

Tester l'efficacité de solutions techniques innovantes applicables en agriculture biologique et transposables en verger « conventionnel ».

Proposer aux producteurs en agriculture biologique des solutions permettant de réduire les pertes de récolte dues aux bio-agresseurs et à la concurrence herbacée en jeune verger.

Améliorer la productivité et la durabilité des vergers conduits en agriculture biologique.

Proposer aux producteurs « conventionnels » des méthodes alternatives fiables permettant de réduire les intrants de synthèse.

Diffuser largement les résultats auprès de l'ensemble de la filière.

A terme, le projet devra permettre d'accompagner et d'accroître la dynamique de toute la filière vers des techniques plus respectueuses de l'environnement tout en maintenant les capacités de production et de développer les surfaces et les volumes de vergers conduits en AB.

3. PRESENTATION GENERALE DES ACTIONS MENEES EN 2017

La conduite d'un verger de pomme à cidre en production biologique et l'introduction de techniques innovantes alternatives aux produits phytosanitaires en verger conventionnel nécessitent d'avoir de solides références avant de les inclure dans les pratiques car ces techniques ont un effet souvent partiel qui peut représenter une prise de risque élevée pour le producteur.

Ce programme INNO CIDRE AB démarré en 2015 fait suite au programme « Recherche de références en production de pommes à cidre en agriculture biologique » soutenu par FranceAgriMer de 2007 à 2014 qui avait permis d'appréhender et de prioriser les problématiques de la conduite d'un verger cidricole en AB. Les acquis et les enseignements ont été valorisés et ont servi à définir et mettre en place les actions de ce programme autour des thématiques prioritaires : la gestion des bio-agresseurs et l'entretien de la ligne de plantation (= rang) sans intrants chimiques. Ce programme est en relation étroite (mêmes intervenants) avec le projet « Verger cidricole de demain » conduit par l'IFPC.

Action 1 : contrôle des bio-agresseurs par des méthodes alternatives

Sous action 1.1 Contrôle de l'anthonome par des méthodes alternatives

Les vergers cidricoles situés à proximité de bois ou des bocages sont particulièrement concernés par les attaques de l'anthonome du pommier (*Anthonomus pomorum*). Depuis quelques années, on observe sur certains vergers cidricoles une résurgence de cette espèce de charançon, qui peut engendrer des dégâts importants notamment dans les vergers biologiques mais également en vergers conventionnels. A ce jour, il n'existe aucun produit biologique disponible pour contrôler les populations de ce ravageur.

Sous action 1.2 Contrôle de l'hoplocampe par des méthodes alternatives

Ce ravageur cause des dégâts importants dans les vergers cidricoles, surtout en verger biologique. Il n'existe à ce jour aucun produit biologique homologué sur ce ravageur. En l'absence de contrôle, le niveau de population augmente d'année en année. En verger conventionnel, le produit utilisé contre l'hoplocampe appartient à la famille des néonicotinoïdes ; trouver une alternative à ce produit constitue donc une priorité.

Sous action 1.3 Contrôle du puceron cendré par des méthodes alternatives

Le puceron cendré reste un ravageur préoccupant en AB car il peut occasionner des dégâts très préjudiciables, notamment en jeune verger mais aussi en verger adulte sur variétés sensibles. Cette problématique est renforcée par l'introduction de plus en plus fréquente dans le verger cidricole de variétés sensibles comme certaines variétés de pomme de table pour le verger de pomme à jus type Jonagold.

Sous action 1.4 Contrôle du carpocapse par des méthodes alternatives

Le carpocapse est bien contrôlé par le virus de la granulose dans notre contexte cidricole. Néanmoins, compte tenu de la résistance existante dans d'autres régions et de la relation entre les dégâts de carpocapse et le risque de présence de patuline, d'autres pistes ont été examinées.

Sous action 1.5 Contrôle de la tavelure par des méthodes alternatives

La tavelure, principale maladie du pommier, est une cause d'interventions assez répétées au printemps (période à risques) en raison de la pluviométrie marquée des régions à vocation cidricole.

Sous action 1.6 Contrôle du monilia sur fleur par des méthodes alternatives

Le monilia sur fleur cause des dégâts importants sur certaines variétés cidricoles très sensibles : Judaine, Juliana, Clos Renaux, Cartigny. Ces dégâts peuvent entraîner une perte quasi totale de la production par dessèchement des fleurs puis l'installation généralisée de chancres à monilia remettant en cause la durabilité du verger.

Action 2 : alternatives au désherbage chimique

En verger cidricole, l'entretien du rang (ligne de plantation) est une problématique fortement liée à la récolte mécanique des pommes au sol. Les fruits doivent tomber sur un sol nivelé et tassé, le plus sain possible. Des essais ont montré que l'enherbement du rang est une solution intéressante qui améliore la conservation des fruits au sol et facilite la récolte (données IFPC). Cela est valable en verger adulte lorsque les arbres ont une vigueur suffisante permettant de supporter une certaine concurrence de l'herbe sur le rang. Cependant, cette technique doit être adaptée pour la phase de jeunesse des vergers durant laquelle le développement de l'arbre est une priorité incontournable (concurrence à éviter absolument). Ceci est d'autant plus important dans un contexte de « nouvelle vague » de plantation du verger cidricole.

4. CALENDRIER ET TABLEAU DE REALISATION

Globalement, les méthodes alternatives 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 pluriannuel a débuté en 2015 et se décline en 2 actions et plusieurs sous actions ayant chacune un calendrier de réalisation spécifique présenté ci-dessous.

Action 1 : contrôle des bio-agresseurs par des méthodes alternatives

Sous action		2015	2016	2017
1.1 Contrôle de l'anthonome par des méthodes alternatives	Blanc Naturel Arboricole (BNA)	Début des essais	Conclusion des essais	
	Nématodes		Essais en conditions contrôlées sur larves	Essais en conditions contrôlés : confirmation sur larves et début des essais sur adultes Début des essais en verger
	Piégeage		Recherche d'attractifs et de phéromones spécifiques	Suspendu
1.2 Contrôle de l'hoplocampe par des méthodes alternatives	<i>Quassia amara</i>	Essais et validation		
	Nématodes	Essais en verger	Essais en conditions contrôlées	Suspendu
1.3 Contrôle du puceron cendré par des méthodes alternatives	NeemAzal T/S	Essais en post floraison	Essai à 1l/ha vs 2 l/ha en pré floraison	Validation de la dose et du positionnement
	Régulation naturelle	Mise en place des suivis	Validation des suivis	Expérimentation d'un nouvel indicateur
1.4 Contrôle du carpocapse par des méthodes alternatives	Sucre en infra-dose	Essai efficacité	Suspendu	
1.5 Contrôle de la tavelure par des méthodes alternatives	Broyage des feuilles	Conclusion des essais démarrés en 2009		
	Produits biologiques en positionnement « stop »	Essais d'efficacité de produits biologiques (Curatio, Arnicarb)	Conclusion des essais	
	Modélisation RIMpro	Comparaison avec Melchior	Début des essais sur la valeur de RIM	Suite des essais sur la valeur de RIM
1.6 Contrôle du monilia sur fleur par des méthodes alternatives	Produits biologiques	Essai sur parcelle avec inoculum élevé	Essais d'interventions en préventif et curatif	Suite des essais interventions en préventif et curatif

Action 2 : alternative au désherbage chimique

Sous action		2015	2016	2017
2.1 Essais de nouveaux couverts en alternative au désherbage chimique en jeune verger	Essai de couverts : pâturin, bâche tissée, mulchs	Conclusion de l'essai démarré en 2009		
	Essai de semis de fétuque ovine	Mise en place et début des suivis	Comportement des couverts et incidences agronomiques	
	Essai de nouveaux couverts : bâche biodégradable, mulch + fiente, légumineuses			
2.2 Ajustement des apports de fertilisation et d'irrigation pour compenser l'effet concurrentiel d'un enherbement à la plantation			Mise en place et début des suivis	Comportement des couverts et incidences agronomiques

5. DIFFUSION ET VALORISATION DU PROGRAMME

Ce programme comprend un volet important de diffusion/valorisation auprès des producteurs adhérents du SVPC, de l'IFPC et des groupements d'agriculteurs biologiques afin de favoriser la dynamique créée par ce programme autour des acteurs de la filière cidricole.

Des visites, des formations et des journées d'échanges sont organisées afin de restituer les résultats des essais et favoriser l'échange des pratiques des producteurs entre eux. De nombreux documents sont réalisés et diffusés à la fois auprès des adhérents des structures partenaires mais aussi auprès d'un plus large public, notamment par la mise en ligne de toutes les informations et documents issus de ce programme sur le site internet de la Chambre d'agriculture de Normandie.

DETAIL DES ACTIONS MENEES EN 2017

ACTION 1 : CONTROLE DES BIO-AGRESSEURS PAR DES METHODES ALTERNATIVES

Sous action 1.1 : contrôle de l'anthonome par des méthodes alternatives

Contexte et état des connaissances

Les vergers cidricoles situés à proximité de bois ou des bocages sont particulièrement concernés par les attaques de l'anthonome du pommier (*Anthonomus pomorum*). Depuis quelques années, on observe sur certains vergers cidricoles une résurgence de cette espèce de charançon, qui peut engendrer des dégâts importants notamment dans les vergers conduits en AB mais également en vergers conventionnels. A ce jour, il n'existe aucun produit biologique disponible pour contrôler les populations de ce ravageur. Le Spinosad, produit biologique qui a obtenu une dérogation d'usage en 2015, 2016 et 2017, n'aura sans doute jamais d'homologation sur cet usage avant fleur en raison de sa toxicité sur abeilles et, par ailleurs, ce produit pourrait disparaître des usages en verger (source DGAL).

Les premiers essais menés en Normandie de 2010 à 2014 avec des produits biologiques à action insecticide comme les pyrèthrinés naturels avaient donné des résultats très variables et globalement insuffisants.

En 2015, nous avons donc choisi de tester une nouvelle approche dans ce programme : créer une barrière physique à l'aide d'un produit qui recouvre les bourgeons afin d'empêcher les pontes des femelles d'anthonome. Ce n'est pas un effet insecticide qui est recherché mais un effet répulsif de barrière mécanique. L'hydroxyde de calcium (Badigeon naturel à l'Ancienne – BNA) a été retenu en raison des bons résultats observés à la station d'expérimentation de La Pugère sur psylle du poirier, ravageur dont la biologie est similaire à celle de l'anthonome. Sur l'ensemble des essais réalisés en 2015 et 2016, l'hydroxyde de calcium (BNA) a montré une efficacité variable : dans plusieurs essais, ce produit n'a pas permis de réduire les dégâts de façon significative en comparaison avec un témoin non traité, que ce soit avec 1 ou 2 applications. Dans certains essais, le BNA a permis de diminuer le nombre d'anthonomes détectés par frappage mais cet effet a été transitoire car on a observé ensuite une remontée de population. Par ailleurs, l'application du BNA n'a pas été facile : prise en masse du produit, bouchages des buses, blanchissement insuffisant. Au terme de 2 années de ces essais, il ne semble pas possible de baser une stratégie alternative vis-à-vis de l'anthonome sur ce produit. Il a donc été décidé d'arrêter les essais avec ce produit.

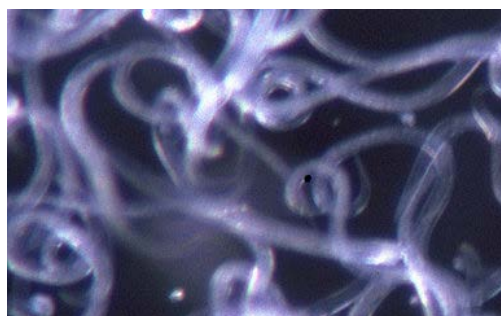
D'autres pistes doivent donc être recherchées : l'utilisation de nématodes entomopathogènes pourrait en être une. En effet, des travaux de recherche ont montré une bonne efficacité de ces nématodes sur un autre charançon, le charançon du palmier. Les premiers essais sur anthonome ont été menés en 2016 sur larves âgées en laboratoire à l'IFPC. Sur les 3 espèces de nématodes testées, 2 espèces ont montré une efficacité de 80 % en comparaison à un témoin non traité. Cette piste a donc été de nouveau prospectée en 2017 pour vérifier l'efficacité de la 3^{ème} espèce et en se plaçant sur des stades de l'insecte différents (larves jeunes et adultes). Parallèlement, compte tenu des bons résultats en laboratoire, des essais ont été menés en verger en 2017.

L'autre piste qui avait été envisagée à savoir la mise au point d'un protocole d'essai de piégeage massif avec des attractifs comme cela est en cours sur anthonome du framboisier (Baroffio C., Agroscope, Suisse) a été abandonnée faute d'approvisionnement en phéromones par le centre de recherche HRI en Angleterre.

❖ Essais de nématodes en conditions contrôlées

Contexte

Les nématodes *Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae* et *Heterorhabditis bacteriophora* sont des parasites d'insectes naturellement présents en France. Ces vers 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.



Steinernema feltiae – crédit photo Koppert

Un certain nombre de ravageurs peuvent faire l'objet d'une lutte biologique grâce à ces nématodes (larves d'Otiorynques, 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'anthonome du pommier 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. Ces caractéristiques biologiques rendent la lutte biologique contre ce ravageur particulièrement difficile. Les fenêtres d'intervention sont en effet étroites compte tenu du cycle de vie du ravageur.

Objectif

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

Partenaire

Société Koppert France.

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée 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.

Nom commercial /modalité	Nom scientifique du nématode	Nombre de nématodes par sachet
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

Essai 1 : efficacité sur stades larvaire de l'anthonome

Des bouquets floraux présentant au moins 1 dégât de clou de girofle (bouton floral avorté hébergeant l'insecte) ont été récoltés le 24/04/2017 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 une lame d'eau est ajoutée afin de garantir une bonne conservation du végétal sur quelques jours. Au total, 25 répétitions par modalité ont été réalisées, chaque pot correspondant à une répétition.

Essai 2 : efficacité sur stade adulte de l'anthonome

Des insectes adultes ont été capturés grâce à des frappages effectués au verger le 24/05/2017. Pour chaque modalité, 25 anthonomes adultes sont placés individuellement dans des pots.

Traitements

Les solutions de traitement à base de nématodes sont préparées le même jour que la collecte des insectes (essai 1 et 2). Les préconisations du fabricant indiquées sur les étiquettes sont suivies : pré-dilution du sachet dans 5 l 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 (débit nominal de 5,14 ml/s). Les bouillies préparées avec les sachets contenant les nématodes ont été additionnées avec 0,15 % de l'adjuvant Squad.

Modalité	Préconisation du niveau d'apport par pulvérisation foliaire	Quantité de bouillie à appliquer pour 1 modalité (l)	Temps calculé pour l'application (s)
Larvanem	0,5 million / m ²	0,05 litre	9,7 secondes
Entonem	0,25 million /m ²	0,025 litre	4,9 secondes
Capsanem	0,25 million / m ²	0,025 litre	4,9 secondes
Success 4 ^a	0,2 l/ha	0,05 litre	9,7 secondes

^a Cette modalité est valable uniquement pour l'essai 2

Après le traitement, chaque pot est individuellement fermé avec une toile insect-proof. Les pots ainsi traités sont conservés à l'abri de la lumière directe et de la pluie. Les pots du témoin ont été pulvérisés avec de l'eau selon la même méthode et conservés dans les mêmes conditions.

Observations

Essai 1 : efficacité sur stades larvaire de l'anthonome

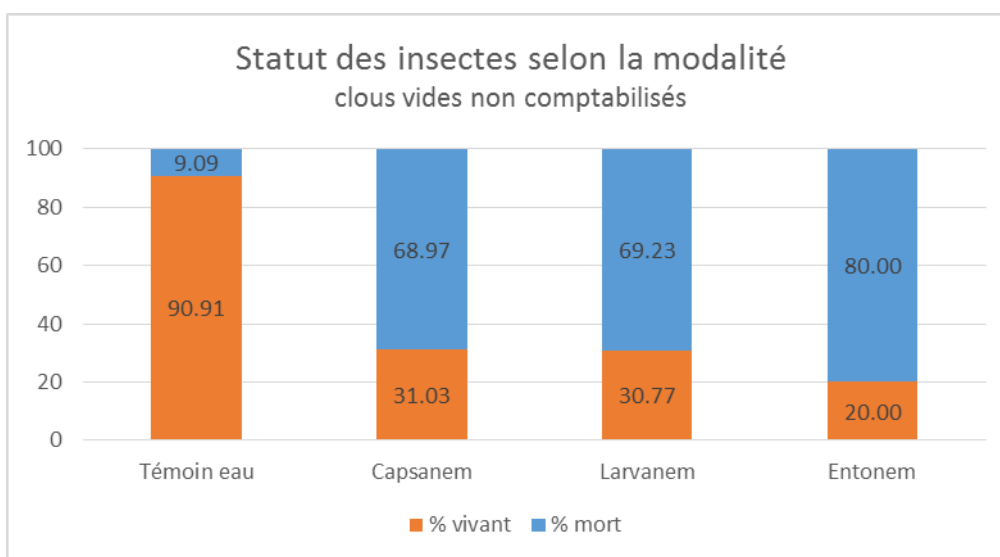
L'évaluation de l'efficacité des applications des produit a été mesurée le 18/05/2017. L'efficacité des traitements est évaluée par dissection des clous de girofle et évaluation du nombre d'individus vivants/morts dans chaque répétition.

Essai 2 : efficacité sur stade adulte de l'anthonome

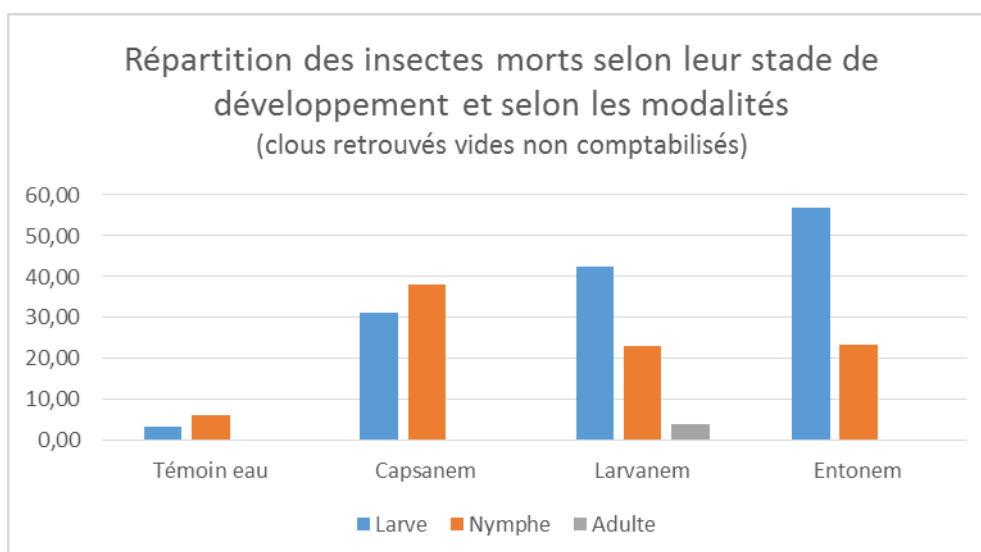
L'évaluation de l'efficacité des applications des produits a été mesurée le 29/05/2017. L'efficacité des traitements est évaluée par comptage du nombre d'individus vivants/morts dans chaque répétition.

Résultats

Essai 1 : efficacité sur stades larvaire de l'anthonome



Le graphique ci-dessus montre pour les trois modalités traitées une efficacité des produits appliqués par rapport au témoin. Au moment du comptage, 90 % des individus sont encore vivants dans le témoin eau alors qu'on observe des mortalités entre 68 et 80 % dans les modalités traitées. On constate dans cet essai que le produit Entonem présente la meilleure efficacité sur les stades larvaire de l'anthonome du pommier. Le graphique suivant distingue les stades impactés par les produits appliqués. On constate ainsi qu'on retrouve plus de nymphes pour la modalité Capsanem comparé aux modalités Larvanem et Entonem.



Essai 2 : efficacité sur stade adulte de l'anthonome

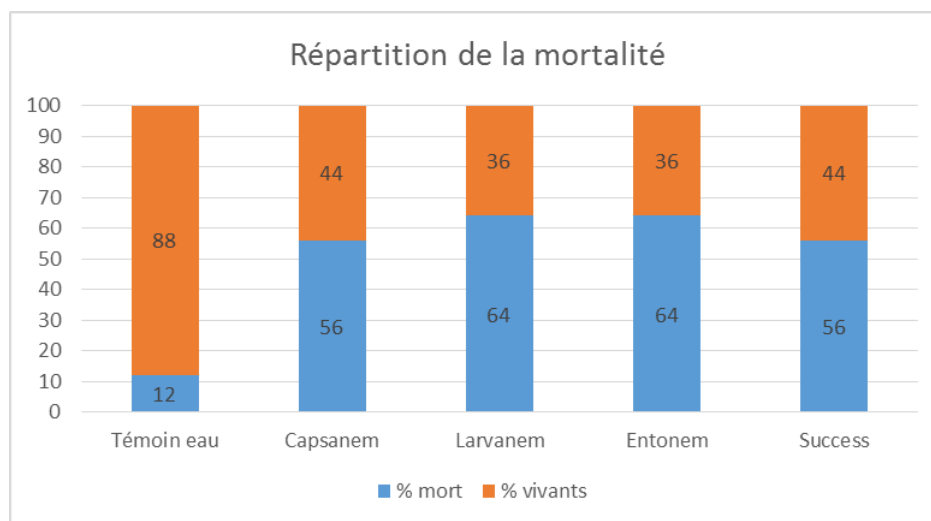
Produit	Témoin eau		Capsanem		Larvanem		Entonem		Success 4	
	Mort	Vivant	Mort	Vivant	Mort	Vivant	Mort	Vivant	Mort	Vivant
Nombre d'insecte	3*	0	14	1	16	0	16	0	14	0
% insectes	100,00*	0,00	93,33	6,67	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
Nombre d'insectes introduits	25		25		25		25		25	

*les trois anthonomes retrouvés dans le témoin non traité sont probablement morts de manière naturelle (champignon entomopathogène, virus, etc.)

L'essai d'efficacité des produits sur anthonome adulte a été réalisé sur 25 insectes adultes pour chaque modalité. Le tableau ci-dessus révèle pourtant que des anthonomes adultes ont échappé au comptage ; pour chaque modalité, la somme des insectes retrouvés morts et vivants n'équivaut en effet pas à 25. La vérification des toiles insect proof permettant de fermer des pots montre que des perforations ont été faites ; les pièces buccales de ces coléoptères sont ainsi suffisamment robustes pour couper la toile utilisée.

L'essai est donc difficilement interprétable en l'état. On remarque toutefois que la proportion d'individus morts est plus importante dans les modalités traitées. Le graphique suivant tient compte du nombre total d'insectes introduits avant traitement : sur les 25 insectes, ceux qui n'ont pas été retrouvés sont considérés comme vivants.

Le graphique montre une mortalité des insectes comprise entre 56 et 64 % pour les modalités traitées par rapport à 12 % pour le témoin eau.



Conclusion

Dans les conditions de l'essai, les trois produits commerciaux à base de nématodes parasites permettent de réduire la population de l'anthonome du pommier. Si l'on tient compte de la mortalité naturelle observée dans le témoin eau, l'application des nématodes avec l'adjuvant Squad permet de réduire de 60 à 70 % la population de larves présentes dans les boutons floraux attaqués. Le produit Entonem (*Steinernema feltiae*) montre le meilleur résultat sur larves, comme dans l'essai réalisé en 2016.

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 a donc été tenté sur adulte. On constate une légère efficacité des nématodes sur les individus adultes mais l'interprétation de cet essai doit être mesurée du fait de la fuite des insectes avant le comptage.

❖ Essais de nématodes en vergers

Essai 1

Dispositif

Lieu : Brigitte CRIAUD à Tour en Bessin (Calvados).

Variété : Cidor, plantation 1992.

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

Remarque : pression anthonome forte depuis plusieurs années.

Volume d'eau : 500 l/ha.

Modalités testées

- T0 : témoin non traité.
- T1 : nématodes **ENTONEM** appliqués lors de l'apparition des premiers dégâts dans les fleurs. Dose de 20*250 millions/ha + adjuvant Squad.
- T2 : nématodes **ENTONEM** appliqués sur dégâts en clou de girofle. Dose de 20*250 millions/ha + adjuvant Squad.
- Traitements sur des blocs de rangs entiers, en conditions de forte hygrométrie.
- Isolation de portions de branches sur les 3 modalités (manchon Insect proof) après traitement.



Notes sur les nématodes ENTONEM :

- Conservation des nématodes au froid (entre 2 et 6° C) environ 1 mois.
- Précautions lors de l'application :
 - filtres > 0,3 mm,
 - ouverture des buses pulvérisation supérieure à ½ mm soit 500 microns,
 - agiter continuellement la bouillie dans le réservoir du pulvérisateur (pompe de recirculation).

Plan

1 Cidor	
2 Cidor	Modalité T0 (témoin)
3 Cidor	
4 Judaine	
5 Judaine	
6 Cidor	
7 Cidor	
8 Cidor	Modalité T1
9 Cidor	
10 Judaine	
11 Judaine	
12 Cidor	
13 Cidor	Modalité T2
14 Cidor	
15 Cidor	
16 Judaine	

Interventions réalisées

Date	Conditions climatiques	Stade	T0	T1	T2
09/04/2017 21h	Temps frais et nuageux légers crachins intermittents Temp moy = 6,9° C Les jours suivants, les températures ont oscillé entre 0 (t° mini) et 16° C (t° maxi).	E3	-	ENTONEM Dose de 20*250 millions/ha + adjuvant Squad	
19/04/2017 Après-midi	Temps frais, avec vent Temp moy : 10-12° C Presque tous les jours de la semaine suivant le traitement, des gelées matinales ont été observées (mini = -2,3° C à la station de Vaux sur Aure).	H	-		ENTONEM Dose de 20*250 millions/ha + adjuvant Squad
Volume de bouillie total				500 l/ha	500 l/ha

Lors des différents frappages réalisés pendant la période de vol, il y avait environ 50 % de frappages positifs ce qui montre une très forte infestation.

Observations et résultats

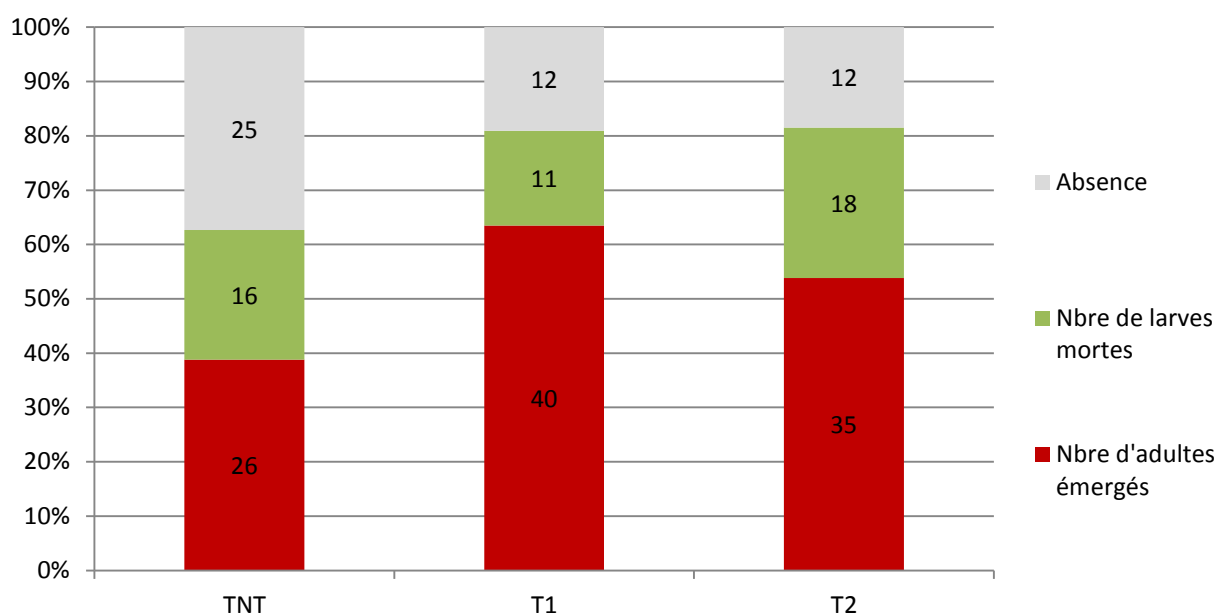
Inoculum général de la parcelle : le nombre de fleurs touchées est très important, on observe en moyenne 3 à 4 fleurs par corymbe avec dégâts.

24 avril : pose des manchons Insect proof et comptage du nombre de fleurs atteintes. Echantillon d'environ 100 fleurs observées.

24 mai : comptage du nombre d'anthonomes. Chaque fleur infectée a été ouverte pour déterminer si la larve :

- avait survécu et émergé sous forme d'adulte,
- était morte,
- était absente.

Evolution des fleurs atteintes par l'anthonome



Commentaires

Aucune efficacité des nématodes n'est observée. Le pourcentage de larves qui émergent en adultes est plus élevé dans les modalités T1 et T2 que dans la modalité T0.

On peut également noter qu'une proportion non négligeable de larves est morte. Ces larves semblent avoir été parasitées (larves noirâtres). Nous n'avons pas pu identifier l'agent responsable de cette mortalité : bactérie, champignon, virus ?

Une momie de larve d'anthonome a également été trouvée et conservée dans un tube jusqu'à l'émergence d'un hyménoptère parasitoïde identifié par la FREDON Normandie :

de la famille des Ichneumonidés

sous famille des *Cryptinaé*

genre *Hemiteles*

pas possible de connaître l'espèce.

Il est connu comme étant parasitoïde de chenilles, d'araignées et de guêpes.

Essai 2

Parcelle

Lieu : Saint Aubin le Guichard (27).

Variétés : Binet rouge.

Porte-greffe : MM 106.

Pression anthonome : élevée depuis plusieurs années sur l'ensemble du verger.

Modalités étudiées

Trois modalités :

- T0 = témoin non traité.
- T1 = Success 4 : produit biologique à base de Spinosad ayant obtenu une dérogation d'usage sur l'anthonome du pommier en 2017.
- T2 = nématodes au stade D ; ciblage des adultes d'anthonome.
- T3 = nématodes au stade E ; ciblage des larves d'anthonome.

Interventions réalisées

Début de détection des anthonomes sur la parcelle le 16/03/2018 par frappage.

Niveau de présence des anthonomes adultes par frappage le 03/04/2018 : 10 %.

Date	Conditions climatiques	Stade	T0	T1	T2	T3
03/04/2017	Temps beau et chaud Temp moy = 11° C Les jours suivants, températures entre 1 à 8° C pour les mini et 14 à 25° C pour les maxi.	C3	-	SUCCESS 4 (Sinosad) à 0,2 l/ha		
07/04/2017 8 h	Temps beau et chaud T° mini = 5° C et t° maxi = 15° C, T° moy : 9° C 2 mm avant l'application des nématodes Les jours suivants, températures entre 1 à 8° C pour les mini et 14 à 25° C pour les maxi	C3	-		ENTONEM Dose de 20*250 millions/ha + adjuvant Squad à 0,15 %	
04/05/2017 7 h	Temps beau et chaud T° mini = 8,8° C et t° maxi = 17,3° C, T° moy : 13,2° C 5 mm dans la nuit précédant l'application et 6 mm dans les 48 heures Les jours suivants, températures entre 1,5 à 10° C pour les mini et 12 à 20° C pour les maxi	E-E2	04/04/2017 8 h			ENTONEM Dose de 20*250 millions/ha + adjuvant Squad à 0,15 %
Volume d'eau/ha			-	380	800	800

Stockage des nématodes au réfrigérateur 8 jours puis application au pulvérisateur avec des filtres et buses adaptées (Cf. essai 1).

Les applications de nématodes ont été réalisées dans de bonnes conditions : température et humidité suffisamment élevées pour permettre la survie et la dynamique des nématodes.

La période de gel du 19/04 au 26/04 est intervenue 15 jours après l'application des nématodes sur la modalité T2 et n'a donc probablement pas affecté les populations de nématodes dont la durée de vie est courte, estimée à 3 semaines maximum.

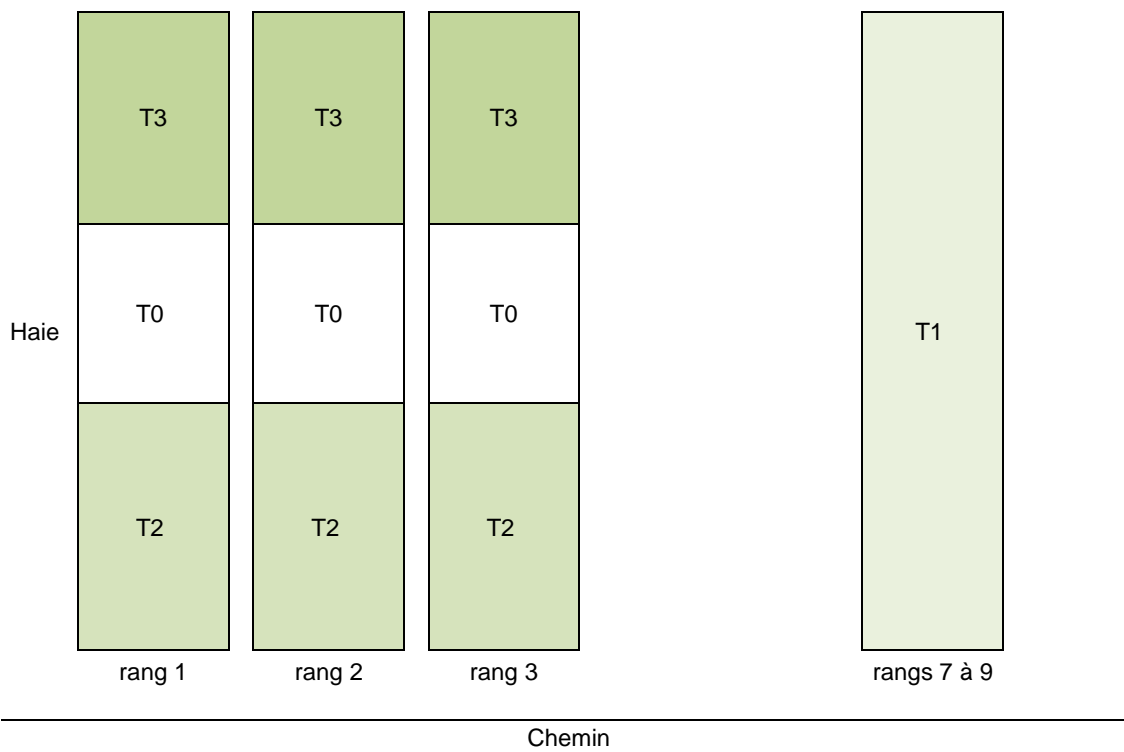
Dispositif expérimental

Essai sur des blocs de 15 arbres de longueur sur 3 rangs/modalité. Les nématodes étant peu mobiles, ils peuvent être appliqués sur des arbres proches du bloc témoin non traité.

En revanche, le Success 4 pouvant avoir un effet adulticide, il a été appliqué sur 3 rangs distincts d'environ 20 mètres des blocs témoin et nématodes.

Plan

BLOC 1 variété Binet Rouge



Ensachage des corymbes présentant des fleurs avec les premiers signes de présence d'anthonome le 12 mai afin de permettre l'observation visuelle des larves et/ou adultes issus des larves en évitant leur prédation ou leur départ de la fleur : 50 sachets posés par modalité.

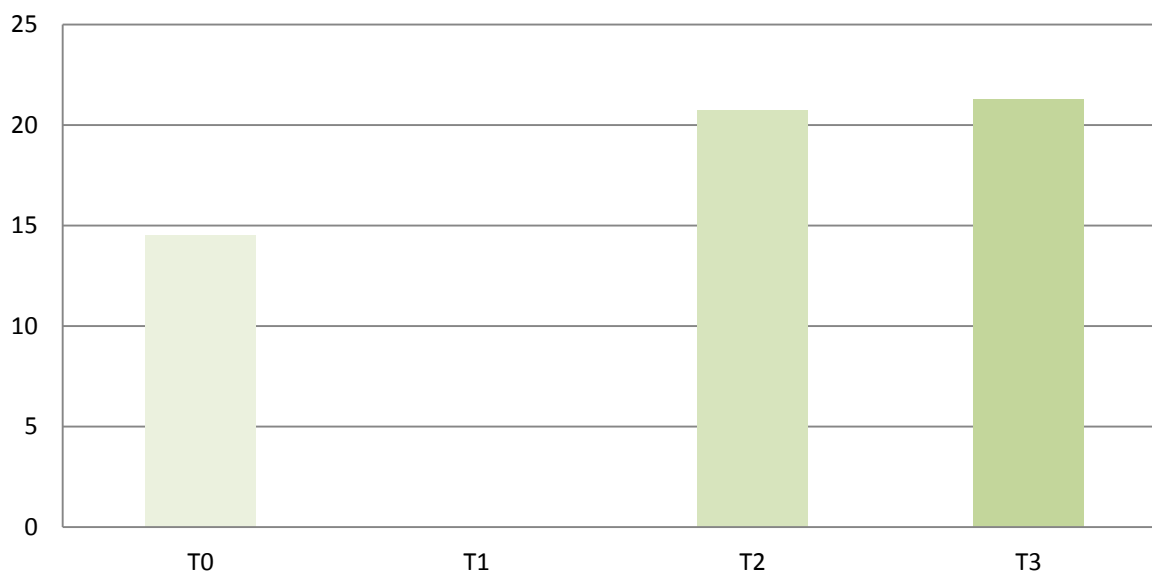
Observations

- Nombre de corymbes avec des dégâts d'anthonome sur 1 000 corymbes/modalité le 18/05/2018 et nombre de larves vivantes et de larves mortes les 1 000 corymbes le 18/05/2018.
- Ouverture des sachets et observation le 30/05/2018 :
 - Nombre de larves ou adultes vivants dans les sachets.
 - Sachets vides : aucun anthonome identifié.



Résultats

Dégâts d'anthonome sur corymbes (%)

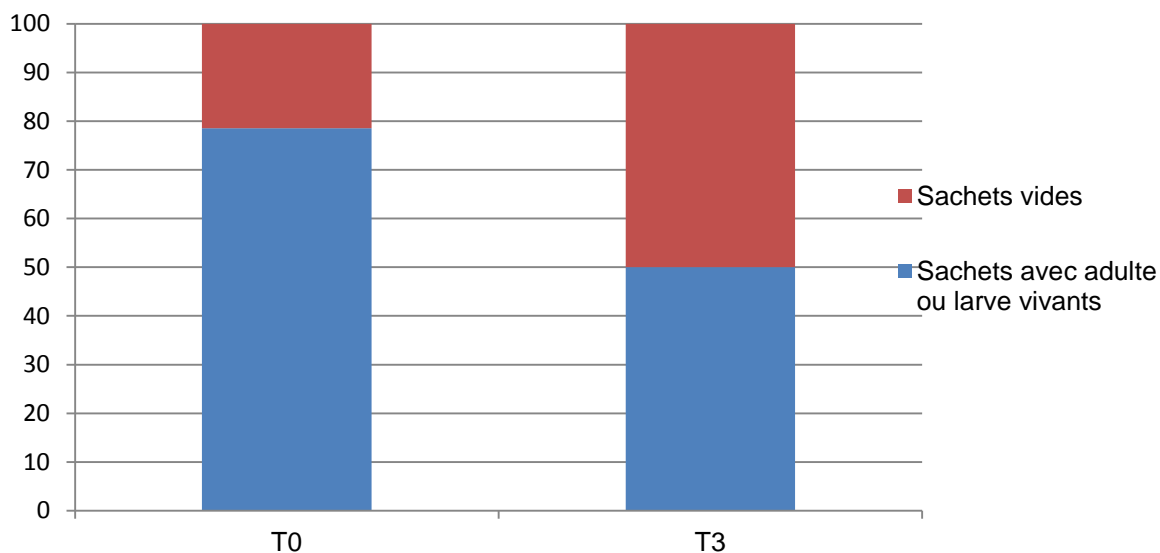


Les dégâts d'anthonome sont relativement élevés sur cette parcelle sauf sur la modalité traitée avec le Success 4 (T1) qui montre une très bonne efficacité.

L'application de nématodes sur adulte (T2) n'a pas permis de diminuer les dégâts en comparaison avec le témoin non traité (T0). Les nématodes n'ont donc pas entraîné de mortalité des adultes visés par la 1^{ère} application sur adultes.

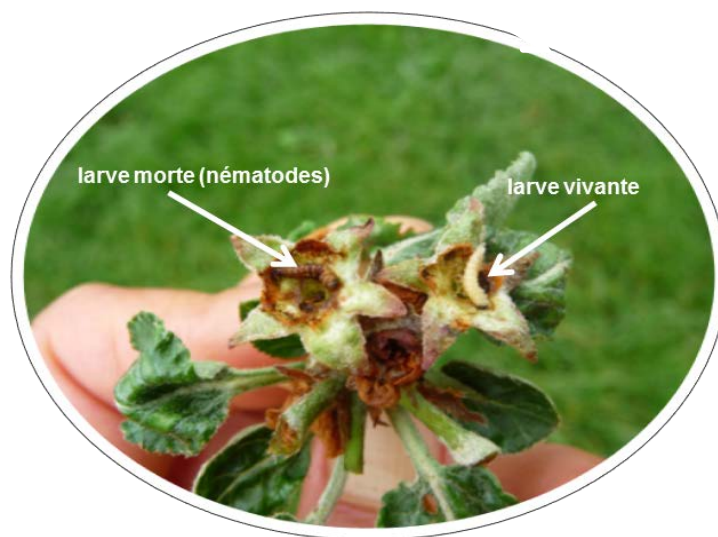
Concernant l'application sur larves (T3) du 5 mai, c'est l'observation des sachets qui permet d'évaluer la modalité puisque le traitement a été réalisé après les pontes et ne peut donc pas avoir limité le nombre de corymbes attaqués.

Observations sur corymbes attaqués ensachés le 30/05/2017

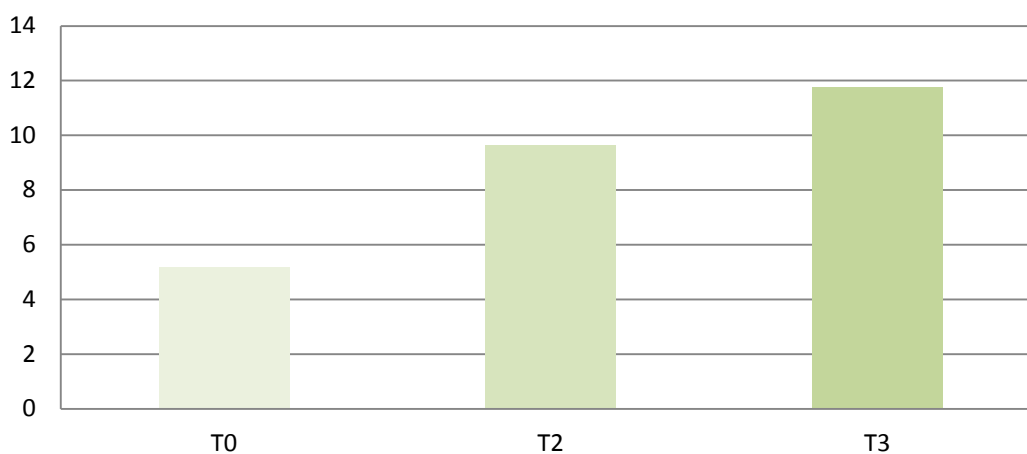


La modalité T3 sur laquelle ont été appliqués les nématodes en ciblant le stade larvaire de l'anthonome présente un taux de sachets vides significativement supérieur au témoin non traité. On ne peut cependant pas affirmer que cela soit lié uniquement à une mortalité due aux nématodes car les observations ont été réalisées 26 jours après l'application des nématodes et, dans certains cas, les corymbes étaient en mauvais état.

L'observation directe de la mortalité des larves dans les fleurs le 18/05 a permis de constater qu'un certain nombre de larves présentent des symptômes identifiés comme étant dus à aux nématodes (voir photo) : les larves sont assez développées et de couleur marron.



Mortalité des larves d'anthonome dans les fleurs (%)



On retrouve des larves mortes présentant cet aspect dans toutes les modalités, y compris dans le témoin non traité, mais en plus faible proportion. Cela pourrait s'expliquer par 1) une mortalité due à une prédation naturelle qui présente les mêmes symptômes que ceux dus aux nématodes 2) une dérive du traitement lors de l'application des nématodes sur les arbres du témoin non traité.

Commentaires

Dans un contexte de pression en anthonome significatif sur cet essai, les nématodes n'ont pas permis de diminuer les dégâts. Cependant, un certain nombre d'observations (sachets vides, larves parasitées par les nématodes) permettent de penser que les nématodes ont pu pratiquer une prédation en parvenant à atteindre les larves dans les boutons floraux, ce qui est une information inédite sur ce ravageur en conditions au champ.

Le Success 4 a montré une très bonne efficacité de 100 % avec 1 seule application bien ciblée et raisonnée en fonction des stades, des frappages et des conditions météorologiques.

Sous action 1.2 : contrôle de l'hoplocampe par des méthodes alternatives

Contexte et état des connaissances

Ce ravageur cause des dégâts importants dans les vergers cidricoles, surtout en verger biologique. Il n'existe à ce jour aucun produit biologique homologué. En l'absence de contrôle, le niveau de population augmente d'année en année en raison de son cycle biologique (ravageur pluriannuel faisant tout son cycle en verger).

Le piégeage massif testé de 2012 à 2014 a montré une efficacité très partielle. Par ailleurs, le piégeage massif est peu aisé à mettre en pratique et il capture également des auxiliaires et des butineuses : les essais sont donc arrêtés depuis 2014.

En 2015, nous avons testé des extraits de plantes à base de quassine : extraction à la ferme à partir d'écorces et extraits industriels naturels de quassine. La quassine est une substance naturelle autorisée en AB contenue dans le bois de *Quassia amara*. L'efficacité de ces essais a été très satisfaisante et concluante. Les extraits industriels ont montré plus de reproductibilité au niveau de la dose de quassine qui est très variable dans les extractions à la ferme. Concernant le Quassia, les essais n'ont pas été poursuivis en 2016 car la preuve de l'efficacité est suffisante.

L'autre extrait testé en 2015 était le Neem, substance autorisée en AB extraite du margousier, qui est cité dans certains essais comme ayant un effet secondaire intéressant sur hoplocampe. En 2015, sur les 2 essais menés, l'efficacité a été décevante. Au vu de ces résultats, les essais avec le Neem sur hoplocampe n'ont pas été poursuivis en 2016.

En parallèle, nous testons une autre approche avec un nématode entomopathogène. C'est le nématode *Steinernema feltiae* qui a été utilisé dans les essais en verger. Ce nématode est naturellement présent en France. *Steinernema feltiae* est déjà utilisé contre les larves et pupes des Sciarides (Mouches des terreaux) pour les plantes d'intérieur et cultures sous abri de plantes ornementales (cyclamen, hortensia, géranium...), les larves de taupins, les larves du carpocapse des pommes et des poires, carpocapse des prunes. Les nématodes entrent dans la larve du ravageur par les voies naturelles et libèrent des bactéries symbiotiques dans le corps de la larve hôte. Ces bactéries transforment les tissus en produits qui peuvent être assimilés par les nématodes. Les nématodes se nourrissent, se développent et se reproduisent à l'intérieur du corps de l'insecte. Suite à cette infection, la larve de l'insecte meurt en 48 heures environ. Ces nématodes seraient susceptibles d'exercer un rôle pendant la phase d'hivernation de l'hoplocampe dans le sol d'après une expérience au Canada. Des applications réalisées pendant la période de début d'hivernation des larves au sol en juin/juillet pourraient peut-être permettre de diminuer le nombre de larves hivernantes. Pour cela, des conditions très strictes doivent être réunies : température du sol de 12° C minimum et humidité du sol importante pour permettre le déplacement des nématodes dans la solution du sol. Compte tenu du cycle de l'hoplocampe sur 2 ans, les essais sont menés de 2015 à 2017.

Des essais en vergers ont été réalisés en 2015 et 2016 avec *Steinernema feltiae*. Malheureusement, ces essais n'ont donné aucun résultat probant : pas de différence de pression entre des parcelles avec nématodes et des parcelles témoin.

Il a été décidé de faire des essais en conditions contrôlées en 2016 et 2017 dans le laboratoire de l'IFPC. Le dispositif a été mis en place en 2016 avec application des 3 espèces de nématodes sur des larves diapausantes de l'hoplocampe dans des cages contenant du sol reconstitué. Les premiers résultats sont observés lors de l'émergence sous filet en 2017. D'autres essais sont prévus en 2017 sur des larves diapausantes en laboratoire en testant 1 ou 2 applications.

Objectif

Tester l'efficacité de nématodes entomopathogènes pendant la phase diapausante de l'hoplocampe.

Partenaire

Société Koppert.

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée en conditions semi-contrôlées.

En 2016, l'efficacité des trois espèces de nématodes parasites *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae* et *Steinernema carpocapsae* a été comparée à un témoin non traité (TNT).

Nom commercial*	Nom scientifique du nématode	Nbre de nématodes par sachet
Larvanem	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	50 millions
Entonem	<i>Steinernema feltiae</i>	50 millions
Palmanem	<i>Steinernema carpocapsae</i>	25 millions

*produits fournis par la société Koppert

Pour chaque modalité, 50 fruits présentant des dégâts secondaires liés à la présence d'hoplocampe ont été prélevés au verger (variété Fréquin Rouge et Everest).

Ces fruits ont été disposés par la suite dans des caisses plastiques préalablement remplies avec de la terre du verger. Ce dispositif a pour but de s'approcher le plus possible des conditions naturelles requises pour le cycle de l'hoplocampe. En effet, après avoir disposé les fruits sur la terre dans les caisses, les larves d'hoplocampe ayant terminé leur cycle sortent des fruits pour s'enfoncer dans le sol pendant la phase de nymphose. Cette diapause sous forme de nymphe peut durer 1 à 2 ans.

En 2017, la très faible pression en hoplocampe ne nous a pas permis de recueillir suffisamment de larves pour mettre en place les essais en conditions contrôlées.

Observations

Les caisses traitées en 2016 sont conservées jusqu'au printemps 2017 (voir photo) pour y observer les émergences des adultes et ainsi évaluer l'efficacité des différents traitements appliqués en 2016.



Résultats

Aucune émergence d'adulte n'a été observée au printemps 2017, y compris dans le témoin non traité. Le contenu de chaque cage a donc été observé : aucune larve n'a été retrouvée. Il y a donc eu une forte mortalité des larves dans toutes les modalités qui peut être due à une prédation ou aux températures.

En effet, le dispositif a été choisi pour mimer des conditions proches de celles du verger mais, de fait, les larves sont exposées aux prédateurs et les écarts de températures peuvent être importants dans les caisses.

Commentaires

L'efficacité des nématodes entomopathogènes sur hoplocampe n'a pas pu être quantifiée car le dispositif n'a pas permis de mesurer une émergence sur le témoin. Les essais en conditions contrôlées n'ont pas pu être remis en place en 2017 faute de larves diapausantes.

Sous action 1.3 : contrôle du puceron cendré par des méthodes alternatives

❖ Essais d'efficacité du NeemAzal T/S

Contexte et état des connaissances

Le puceron cendré reste un ravageur préoccupant en AB car il peut occasionner des dégâts très préjudiciables, notamment en jeune verger mais aussi en verger adulte sur variétés sensibles. Cette problématique est renforcée par l'introduction de plus en plus fréquente dans le verger cidricole de variétés sensibles comme Judeline et certaines variétés de pomme de table pour le verger de pomme à jus comme Jonagold.

Le NeemAzal T/S est un insecticide biologique contenant de l'azadirachtine A, issue de l'extraction des amandes de l'arbre *Azadirachta indica*, également appelé margousier, qui intervient dans le cycle de développement des insectes (régulateur de croissance, perturbe la fécondité) mais ne les tue pas immédiatement. Des produits commerciaux à base de neem sont autorisés dans la plupart des pays européens depuis plusieurs années. En France, le NeemAzal T/S n'a pour l'instant obtenu que des homologations dérogatoires de 120 jours, comme en 2017.

Les premiers essais ont été mis en place en 2015 dans le cadre de ce programme pour adapter à notre contexte cidricole la dose et le(s) stade(s) des interventions qui ont été fixés pour la pomme de table. En 2015, les essais d'application après fleur de NeemAzal T/S à 2 l/ha avec présence avérée de pucerons (fondatrices) n'ont pas donné de bons résultats. En 2016, les essais ont donc porté sur des applications plus précoces avant fleur au stade E (bouton rose) à 1 l/ha ou 2 l/ha. Les résultats ont été meilleurs qu'en 2015 quoique restant décevants par rapport aux attentes : la régulation a été très tardive et les dégâts de fait trop importants. La dose de 1 l/ha n'a pas été suffisante. En 2017, les essais ont donc porté sur une application encore plus précoce au stade D. Compte tenu des résultats de 2016, la dose testée est de 2 l/ha.

Objectifs

Comparer l'efficacité d'une application anticipée de Neem Azal T/S à 2 l/ha au stade D avec une application au stade « bouton rose » (stade E).

• Essai 1

Dispositif

Lieu : François VANDERTUIJN à Heurtevent (Orne).

Variété : Suntan.

Age du verger : 3^e feuille.

Modalités étudiées

- T0 = Témoin non traité - 50 arbres
- T1 = NeemAzal-T/S (azadirachtine) dosé à 2 l/ha au stade D – 100 arbres
- T2 = NeemAzal-T/S (azadirachtine) dosé à 2 l/ha au stade E2 – 100 arbres

Observations

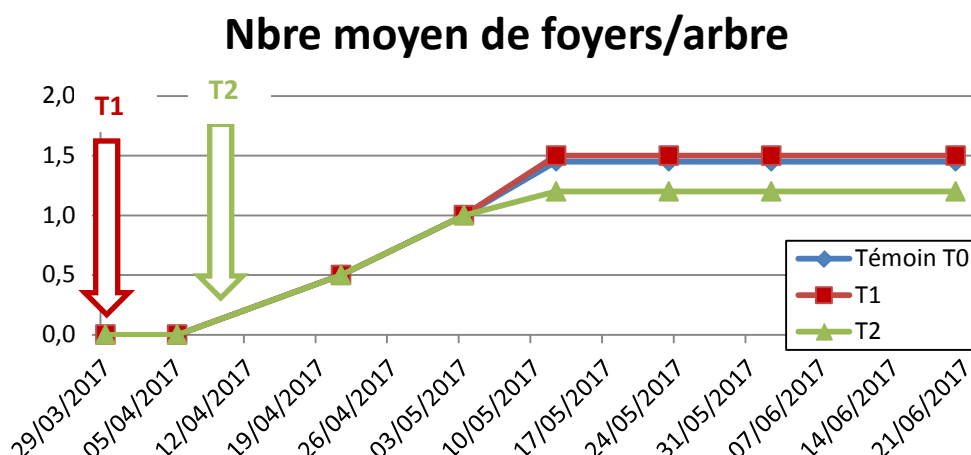
Nombre moyen de foyers de puceron cendré par arbre sur chaque modalité sur 30 arbres repérés/modalité.

Interventions réalisées

Date	Conditions climatiques	Pucerons cendrés ?	Stade	T0	T1	T2
01/04/2017 <i>Fin d'après-midi</i>	Temps sec et ensoleillé Temp moy = 12° C (mini : 7° C – maxi : 16° C) Les 3 jours suivants : sec et t°moy de 10° C	Non	D	-	NeemAzal T/S à 2 l/ha	
11/04/2017 <i>Fin d'après-midi</i>	Temps frais (post orage) mais non pluvieux Temp moy : 8° C (mini : 1° C – maxi : 16° C) Petite gelée matinale le lendemain matin : - 1° C Les 3 jours suivants : sec et t°moy de 9° C	Oui, présence de quelques fondatrices	E2	-		NeemAzal T/S à 2 l/ha
					600 l/ha	600 l/ha

Résultats

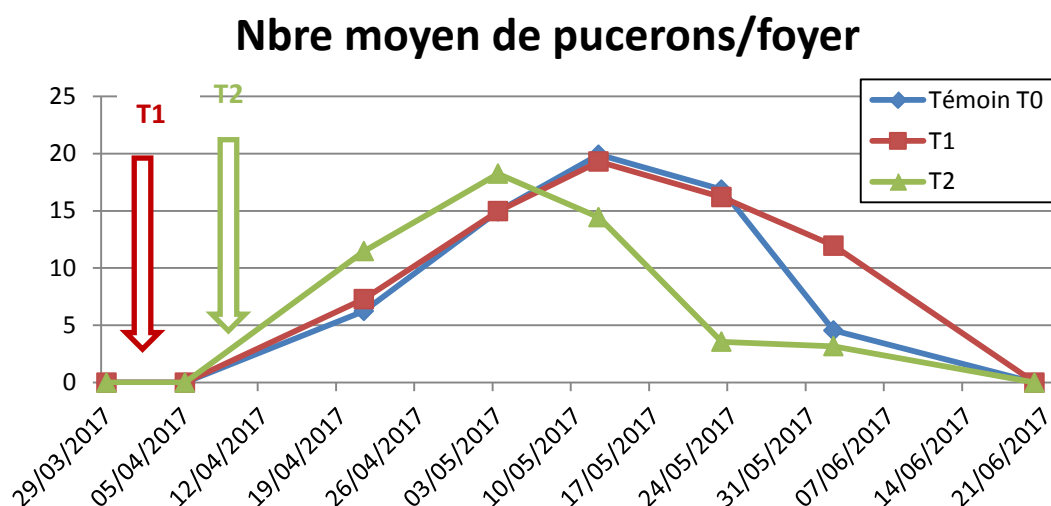
Evolution du nombre moyen de foyers par arbre dans le temps, comptages sur 10 arbres/modalité



Légende : les flèches symbolisent les traitements effectués sur chacune des modalités traitées

Le nombre moyen de foyer par arbre augmente fortement entre le 5 avril (premières fondatrices observées) et le 10 mai. Puis il se stabilise dans les 3 modalités grâce à une bonne régulation par les auxiliaires (voir chapitre suivant). Il ne régresse pas car les dégâts sont faits, par contre ils sont vides de pucerons.

Evolution du nombre moyen de pucerons par foyer



Les traitements avec le NeemAzal T/S, quel que soit le stade d'application (T1 ou T2), ne semblent pas montrer d'effet sur l'évolution des populations de pucerons cendrés : pas de différences statistiques avec le témoin non traité. On observe que les populations augmentent jusqu'au 5 mai (soit 3 semaines après T2 et plus d'1 mois après T1).

Par la suite, c'est dans la modalité T2 que le nombre de pucerons diminue le plus rapidement : dès fin mai, il n'y a presque plus d'individus dans les foyers (< 5 dans T2 contre 20 dans T0 et T1). Comme le chapitre suivant le montre, cela s'explique notamment par une plus grande proportion de foyers occupés par des auxiliaires dans la modalité T2 par rapport aux modalités T1 et T0 (différence statistique le 3 et le 12 mai).

Commentaires

Dans cet essai, les traitements avec le NeemAzal T/S (T1 ou T2) ne semblent pas montrer d'effet sur l'évolution des populations de pucerons cendrés qui évoluent de la même manière que dans le témoin. Les populations augmentent jusqu'au 5 mai, quelle que soit la date du traitement (soit 3 semaines après T2 et plus d'1 mois après T1), alors qu'elles auraient dû stagner voire régresser bien plus rapidement.

• **Essai 2**

Parcelle

Lieu : verger de pomme à jus à Saint Aubin le Guichard (Eure).

Variétés : Judeline.

Parcelle conduite en AB.

Age du verger : 6^{ème} feuille.

Modalités étudiées

Trois modalités :

- T0 = témoin non traité.
- T1 = NeemAzal T/S à 2 l/ha au stade D (apparition des boutons floraux).
- T2 = NeemAzal T/S à 2 l/ha au stade E (les sépales laissent voir les sépales).

Interventions réalisées

Date	Conditions	Stade	T0	T1	T2
29/03/2017	Beau temps sec T° moy de 13 à 10, 8° C dans les 5 jours consécutifs Pluie 10 mm le 01/04	D		2 l/ha	
06/04/2017	Beau temps sec T° moy de 9,1 à 15.5° C dans les 5 jours consécutifs Pas de pluie	E			2 l/ha
Volume de bouillie				380 l/ha	380 l/ha

Les applications ont été réalisées dans de très bonnes conditions. La pluie survenue 4 jours après le traitement de la modalité T1 n'a eu que peu d'incidence compte tenu de la pénétration du NeemAzal T/S dans le feuillage et du délai après traitement qui a permis au produit d'être ingéré par les pucerons.

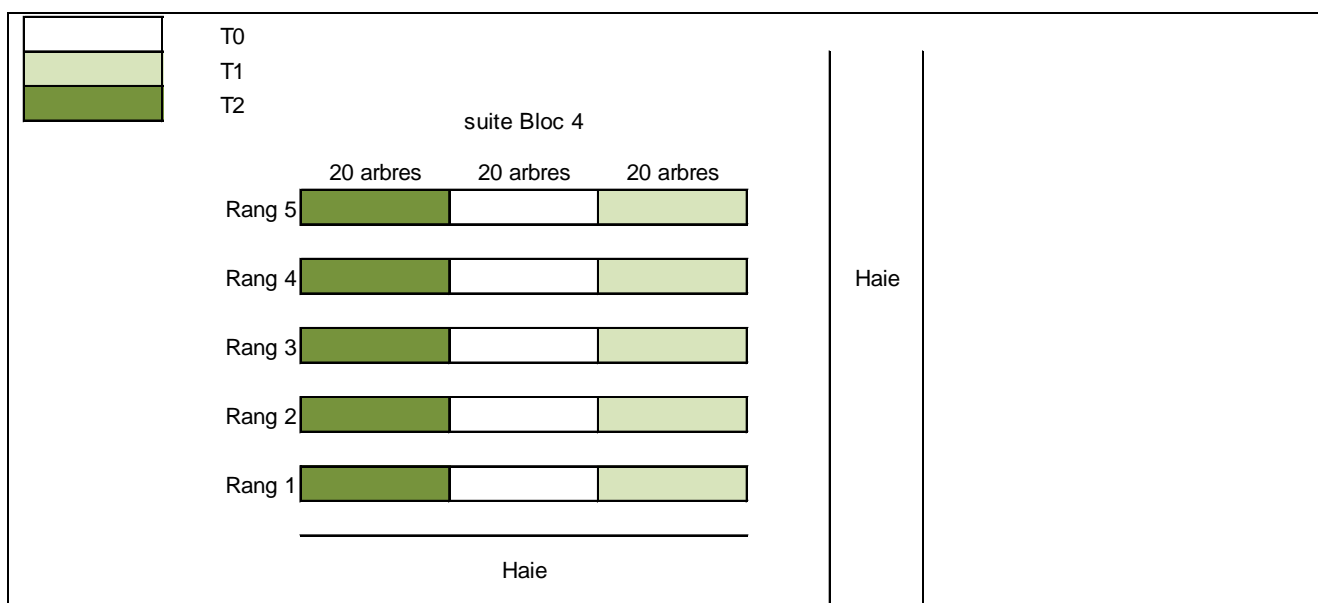
Observations

- Nombre de foyers de puceron cendré sur 30 arbres repérés par modalité.
- Pourcentage d'arbres attaqués sur l'ensemble du bloc effectué sur 50 arbres pris au hasard.

Dispositif

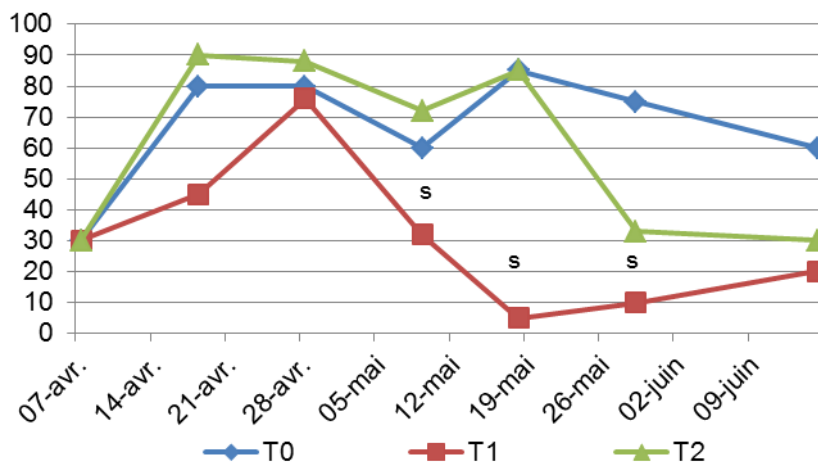
Chaque modalité est appliquée sur des blocs de 20 arbres sur 5 rangs.

Plan



Résultats

Essai NeemAzal sur puceron cendré sur Judeline en % d'arbres attequés

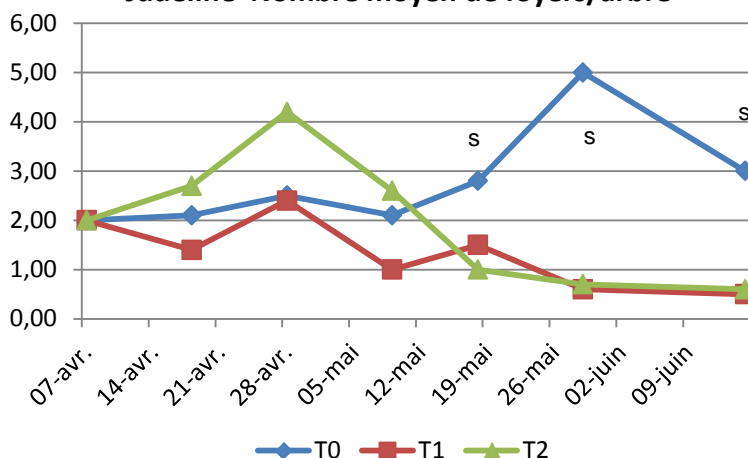


Le niveau de présence du puceron cendré est homogène entre les 3 modalités en début d'essai. Il progresse rapidement et atteint un pic de près de 80 % d'arbres attequés au 28 avril, quelle que soit la modalité. Ensuite, il chute fortement sur la modalité T1. Le traitement sur T1 ayant été réalisé le 29 mars, cela représente donc un délai d'action de 1 mois. Les comptages montrent une différence significative avec le témoin non traité T0 et la modalité T1 pour 3 dates : 9 mai, 18 mai et 29 mai. La modalité T1 présente donc une efficacité significative par rapport aux autres modalités.

Sur la modalité T2, la baisse des populations est plus tardive ; elle intervient entre le 18 et le 29 mai, soit environ 45 jours après le traitement (6 avril). A cette époque de l'année, la colonisation sur pousses du puceron cendré est déjà trop développée et le traitement n'a donc pas été suffisant pour limiter le développement du puceron cendré.

Lors du dernier comptage, le nombre d'arbres attequés atteint un niveau correct pour les modalités traitées T1 et T2 alors qu'il reste trop élevé pour le témoin non traité T0.

Essai NeemAzal sur puceron cendré sur Judeline Nombre moyen de foyers/arbre



Sur la modalité T1, le nombre de foyers atteint au maximum 2,4 foyers/arbre ce qui est tout à fait tolérable dans un contexte de pomme à jus sur des arbres en 6^{ème} feuille.

Sur la modalité T2, le développement des colonies est plus important et on atteint 4 foyers/arbre ce qui devient un peu plus préoccupant.

Sur le témoin non traité, la progression des foyers est forte : presque 5 foyers/arbre en moyenne ce qui est trop important. Le nombre de foyers est significativement supérieur aux modalités T1 et T2 à partir du 19 mai jusqu'à la fin des comptages.

Commentaires

Dans les conditions de cet essai, l'application précoce de NeemAzal T/S au stade D (T1) a montré une efficacité supérieure à l'application au stade E avec un nombre d'arbres attaqués et un nombre de foyers par arbre significativement inférieurs. Néanmoins, cette efficacité n'est constatée que 30 jours après l'application avec comme conséquence des dégâts sur la parcelle, même si cela reste limité et tout à fait tolérable pour la pomme à cidre.

L'application au stade E (T2) présente une efficacité significative par rapport au témoin non traité mais l'effet de ce traitement intervient beaucoup trop tard (45 j après l'application) ce qui permet l'installation et le développement des populations de puceron cendré à un niveau préjudiciable pour la parcelle.

Dans le témoin non traité T0, le niveau d'infestation est trop élevé et reste important, même en fin de comptage au 15 juin et les dégâts sont très impactants sur les arbres.

Ndlr : aucun impact n'a pu être quantifié sur la récolte car les gelées matinales de fin avril ont détruit l'intégralité de la récolte.

• Essai 3

Parcelle

Lieu : Saint Thibault (Oise).

Vergers de pomme à jus conduit en AB.

Variétés : Jonagold.

Porte-greffe : MM 106.

Age : 9^{ème} feuille.

Modalités étudiées :

Trois modalités :

- T0 = témoin non traité.
- T1 = NeemAzal T/S à 2l/ha au stade D (apparition des boutons floraux).
- T2 = NeemAzal T/S à 2l/ha au stade E (les sépales laissent voir les sépales).

Interventions réalisées

Date	Stade	T0	T1	T2
04/04/2017	D		2 l/ha	
11/04/2017	E			2 l/ha
Volume de bouillie			250 l/ha	250 l/ha

Les applications ont été réalisées dans de très bonnes conditions avec un temps beau et sec sur toute la période.

Observations

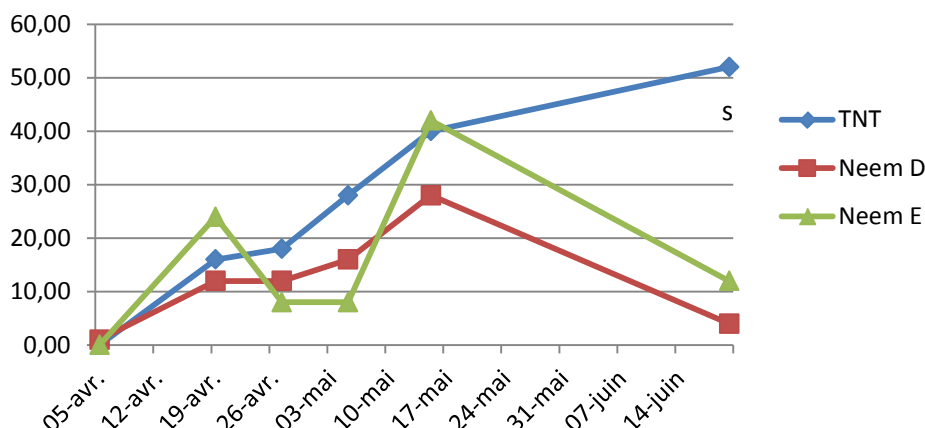
- Nombre de foyers de puceron cendré sur 30 arbres repérés par modalité.
- Proportion d'arbres attaqués sur l'ensemble du bloc effectuée sur 50 arbres pris au hasard.

Dispositif

Chaque modalité est appliquée sur des blocs de 4 rangs d'une centaine de mètres de longueur.

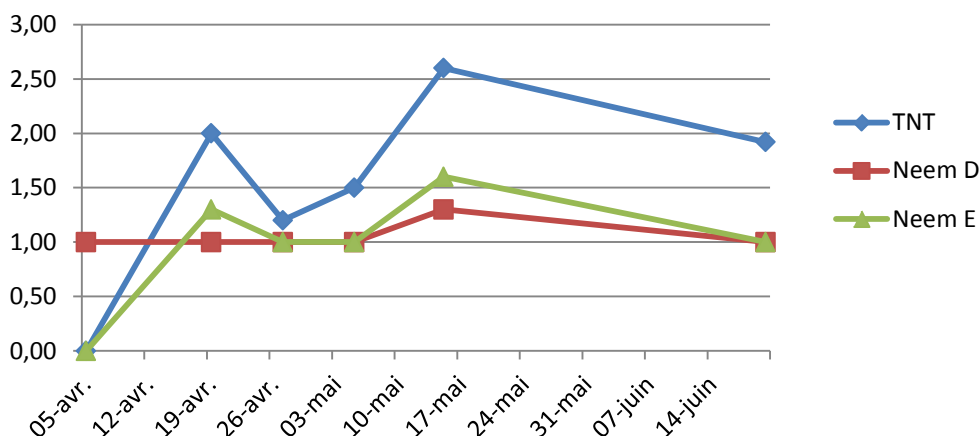
Résultats

Essai NeemAzal sur puceron cendré sur Jonagold en % d'arbres attequés



Le pourcentage d'arbres attequés est plus faible que sur l'essai 2 : il atteint au maximum 40 % mi-mai. Dans ces conditions de faible infestation, les modalités T1 et T2 donnent de résultats équivalents avec une proportion d'arbres attequés au final plus faible que la modalité non traitée ; cette différence est significative pour le dernier comptage su 20 juin.

Essai NeemAzal sur puceron cendré sur Jonagold Nombre moyen de foyers/arbre



Le nombre limité de foyers par arbre confirme la faible pression en puceron cendré sur cet essai. On remarque une légère baisse des effectifs fin avril correspondant sans doute à la période de froid et de gelées printanières qui ont limité la dynamique des populations de puceron cendré.

Le témoin non traité présente globalement un nombre moyen de foyers supérieur aux modalités traitées mais cette différence n'est pas significative car les données sont très variables entre arbres.

Conclusion

Dans des conditions de pression faible du puceron cendré sur cet essai, l'efficacité du NeemAzal T/S est plus difficile à mettre en évidence : le nombre d'arbres attequés est significativement plus faible sur les arbres traités par rapport aux arbres témoin mais cette différence intervient seulement 2 mois après les applications.

Le nombre de foyers par arbre est légèrement plus élevé sur le témoin mais cette différence n'est pas significative.

Globalement, l'impact du puceron cendré sur cet essai a été négligeable au regard de notre contexte de verger cidricole.

❖ Essais de régulation par la faune auxiliaire

Contexte et état des connaissances

Dans le cadre de stratégies sans produit chimique, l'action des auxiliaires naturels du verger est un facteur déterminant pour le contrôle des populations de puceron cendré. Sur certaines parcelles cidricoles, il semble que le puceron cendré soit régulé par les auxiliaires, sans aucune intervention. Dans d'autres cas, la régulation est insuffisante pour limiter de façon satisfaisante le niveau de dégâts.

Dans l'objectif de déterminer s'il est possible de quantifier le niveau de population d'auxiliaires qui permettrait cette régulation naturelle, un suivi de faune auxiliaire a été mis en place en 2015 et 2016. Les résultats sont variables selon les sites : en 2015, sur une des parcelles la régulation a été suffisante. A l'opposé, en 2016, le niveau de présence des auxiliaires a été très faible sur les toutes parcelles suivies (sans doute en raison du climat exceptionnellement froid du printemps 2016) et n'a donc pas permis de réguler les populations de puceron cendré dont les attaques ont été particulièrement virulentes.

En 2017, le travail sur les auxiliaires s'est focalisé sur un indice proposé par Laurence Albert dans sa thèse « Etude de la biodiversité fonctionnelle en verger cidricole » (IFPC, 2017, thèse en relation avec le projet « Verger cidricole de demain ») qui vise à quantifier l'efficacité des auxiliaires présents dans le verger en termes de régulation naturelle des ravageurs.

Objectif

Quantifier l'impact de la faune auxiliaire sur la régulation du puceron cendré grâce à un indicateur de biodiversité.

Les comptages ont été réalisés en parallèle aux essais d'efficacité du NeemAzal T/S cités dans le chapitre précédent.

• Essai 1

Dispositif

Lieu : François VANDERTUIJN à Heurtevent (Orne).

Variété : Suntan.

Age du verger : 3^{ème} feuille.

Modalités étudiées (rappel)

- T0 = témoin non traité - 50 arbres.
- T1 = Neemazal-T/S (azadirachtine) dosé à 2 l/ha au stade D – 100 arbres.
- T2 = Neemazal-T/S (azadirachtine) dosé à 2 l/ha au stade E2 – 100 arbres.

Observations

- Suivi de 30 foyers repérés/modalité → nombre moyen de pucerons, fourmis, auxiliaires avec leur stade (syrphes, coccinelles, punaises prédatrices, araignées, ...).
- A la place du calcul d'abondance des auxiliaires prévu initialement, il a été jugé plus pertinent de reprendre dans ces essais un indicateur de régulation proposé dans la thèse CIFRE de Laurence Albert. Comptage tous les 10 jours environ.

Calcul de la valeur de l'indicateur

L'indicateur est défini de la façon suivante :

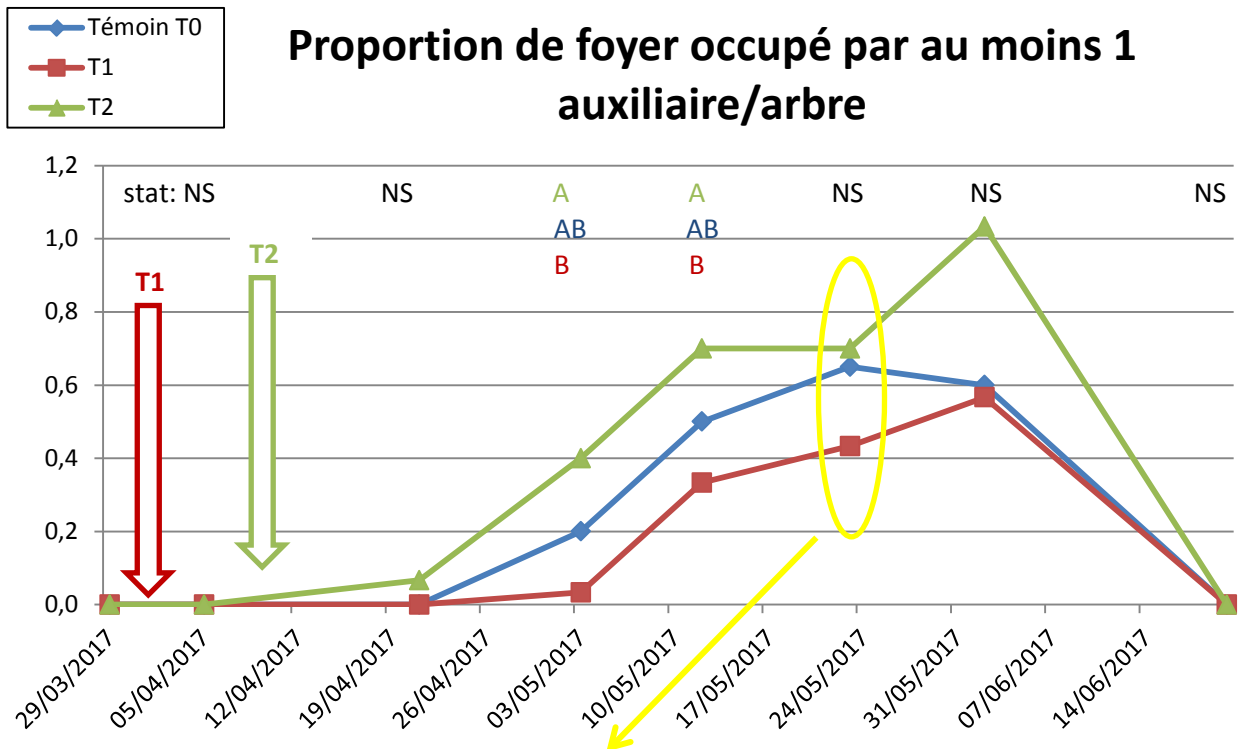
$$\begin{aligned} \text{Indicateur I} = & \\ & - 0,001 * \text{Nb de fourmis} \\ & + 0,039 * \text{Nb coccinelles adultes} \\ & + 0,026 * \text{Nb de syrphes larves} \\ & + 0,022 * \text{Nb de coccinelles larves} \\ & + 0,070 * \text{Nb punaises prédatrices} \end{aligned}$$

Nb = somme de l'ensemble des auxiliaires et fourmis observés.

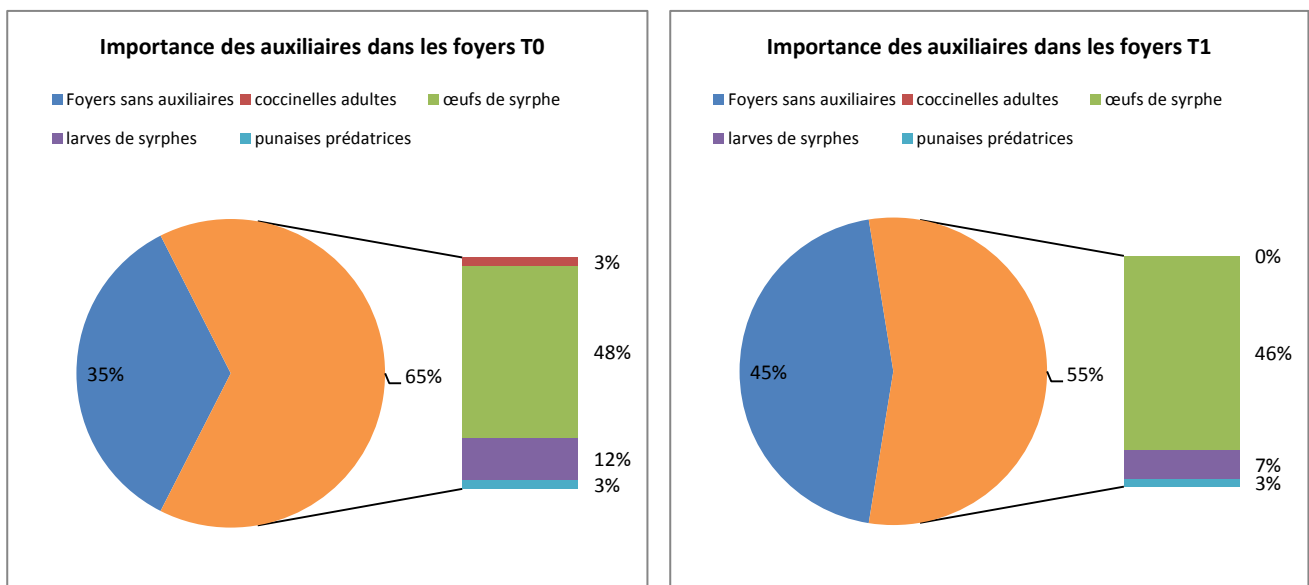
Proposition : si la valeur de l'indicateur est supérieure à **0,075**, les auxiliaires ont une action de régulation des populations de pucerons cendrés plus élevée que leur taux d'accroissement naturel. Ils devraient donc permettre de stabiliser et/ou de faire décroître les populations du ravageur.

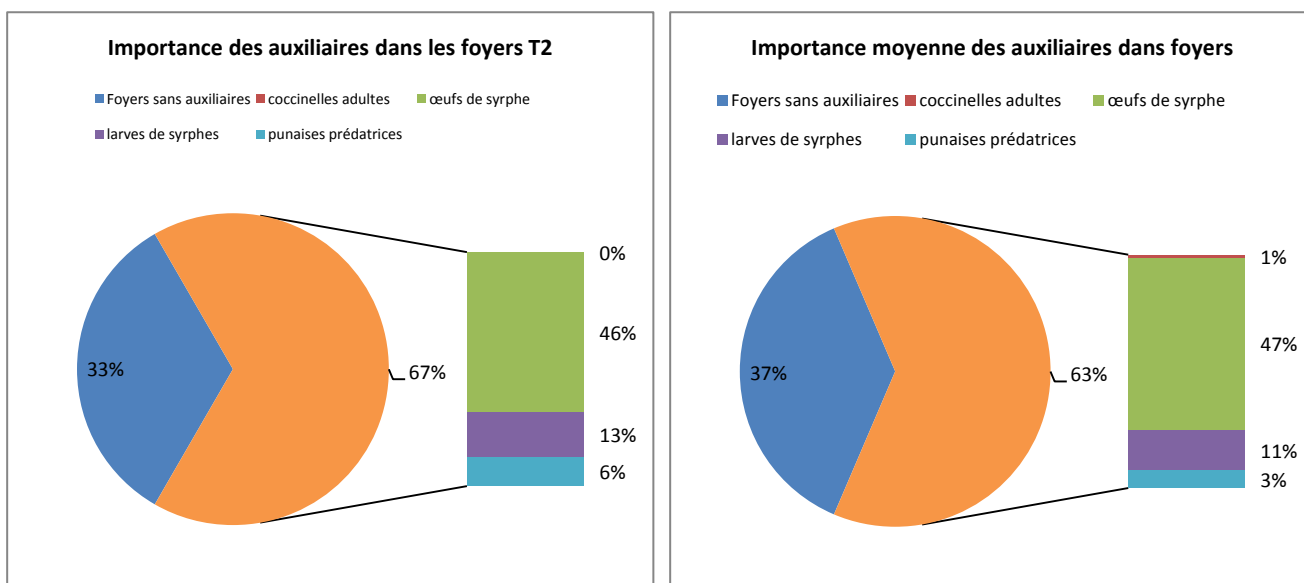
Résultats

C'est dans la modalité T2 que le nombre de pucerons diminue le plus rapidement : dès fin mai, il n'y a presque plus d'individus dans les foyers (<5 dans T2 contre 20 dans T0 et T1). Comme le graphique ci-dessous le montre, cela s'explique notamment par une plus grande proportion de foyers occupés par des auxiliaires dans la modalité T2 par rapport aux modalités T1 et T0 (différence statistique le 3 et le 12 mai). En effet, dès le 10 mai, 7 foyers/10 sont occupés par des auxiliaires, principalement des œufs/larves de syrphes.



Pour avoir une idée des différents auxiliaires présents dans les foyers et leur répartition selon les modalités, le comptage du 23 mai est présenté ici (en orange apparaissent les foyers occupés par un ou des auxiliaires) :

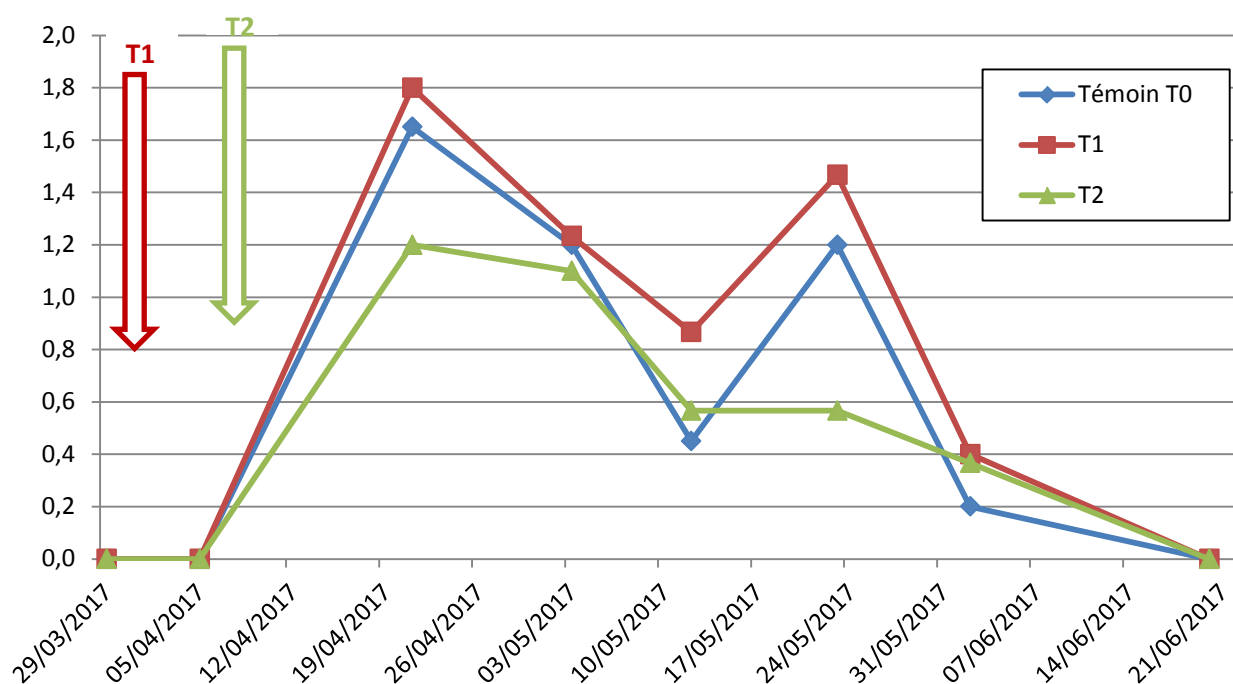




La part respective des différents auxiliaires présents est proche quelle que soit la modalité. La régulation est majoritairement effectuée par des syrphes (60 % des foyers occupés) ainsi que par des punaises prédatrices (3 à 6 %). Il y a peu de coccinelles (1 %).

Une hypothèse d'explication de la légère meilleure colonisation des foyers de la modalité T2 par des auxiliaires peut être la moindre présence de fourmis qui protègent les pucerons.

Nbre moyen de fourmis/foyer

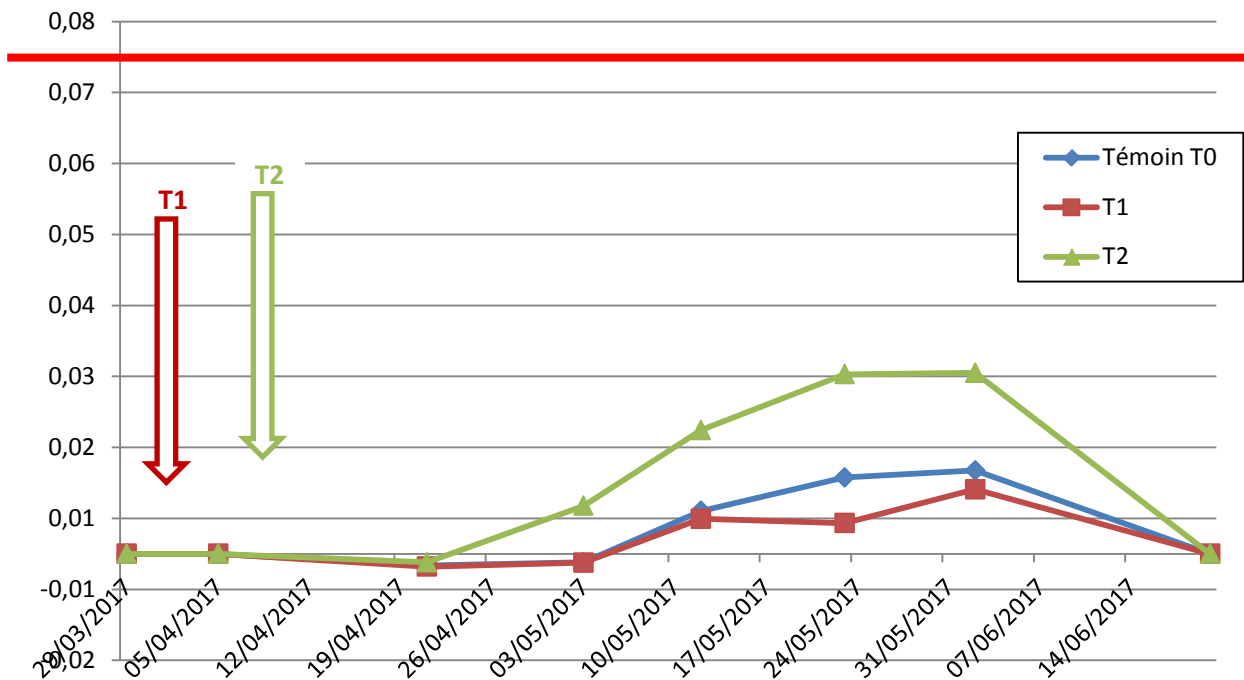


Indicateur de régulation

L'indicateur proposé pour évaluer les équilibres et l'efficacité de la faune auxiliaire reste faible tout au long de l'essai, bien inférieur à 0,075 qui est la valeur seuil à partir de laquelle la régulation serait efficace.

Pourtant dans cet essai, les populations de pucerons décroissent à partir du 10 mai grâce à une faune auxiliaire active. Cela tendrait à démontrer qu'il y a une surévaluation de la valeur seuil ? On peut noter par ailleurs que la courbe d'évolution de l'indicateur est bien corrélée à celle de la proportion de foyers occupés par au moins un auxiliaire, elle est simplement plus aplatie.

Indicateur de régulation



Conclusion

Dans cet essai pour lequel les interventions avec le NeemAzal T/S n'ont pas montré d'efficacité, c'est la régulation naturelle par les auxiliaires, principalement des larves de syrphes, qui permet le nettoyage des foyers de pucerons cendrés, en particulier lorsque les fourmis y sont moins présentes.

Pour autant, l'indicateur testé n'indiquait pas que la régulation était suffisante : il est peut-être en l'état surévalué ?

• Essai 2

Dispositif

Lieu : verger de pomme à jus à Saint Aubin le Guichard (Eure).

Variétés : Judeline.

Parcelle en conduite en AB.

Age du verger : 6^{ème} feuille.

Modalités étudiées

Trois modalités :

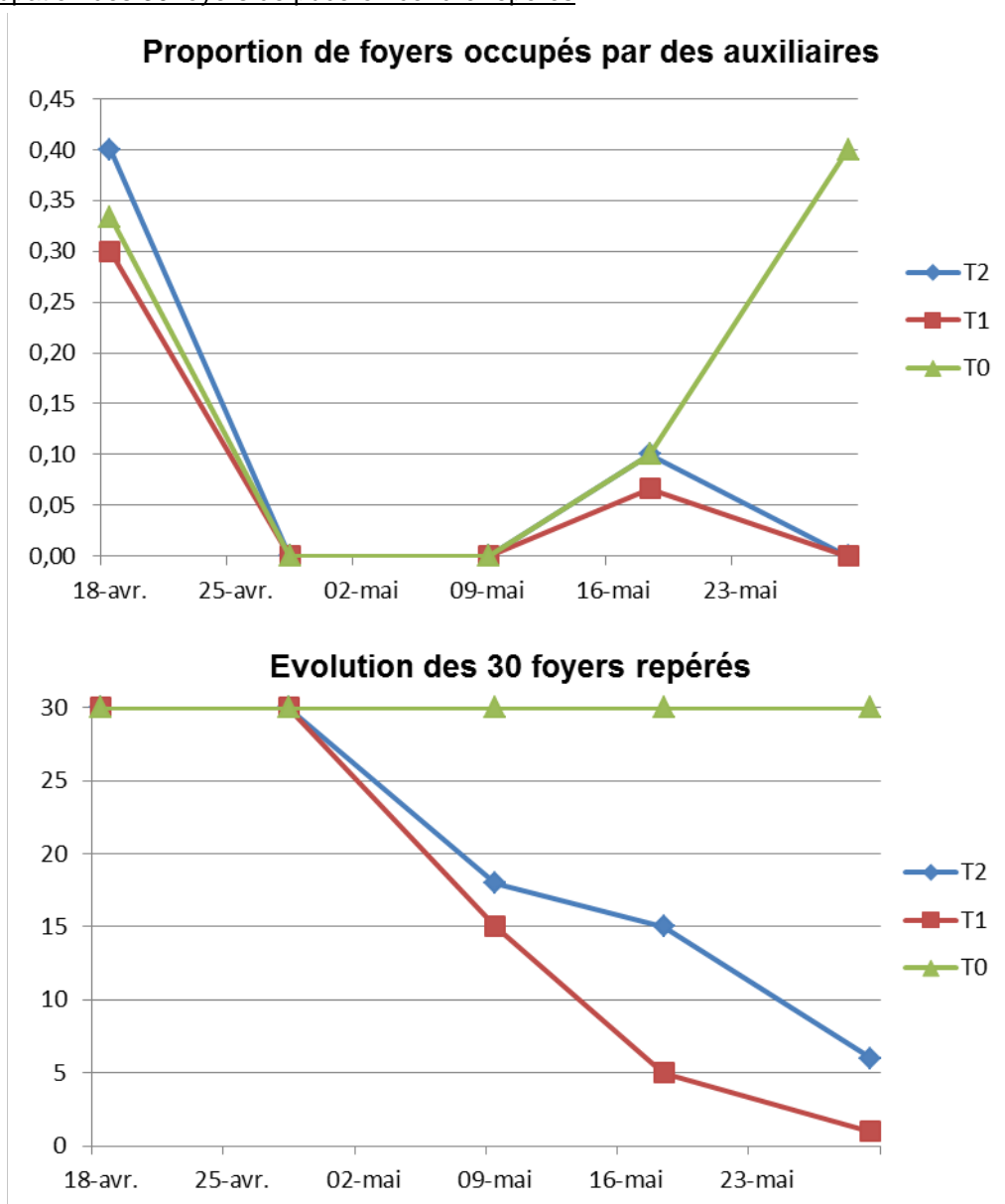
- T0 = témoin non traité.
- T1 = NeemAzal T/S à 2 l/ha au stade D (apparition des boutons floraux).
- T2 = NeemAzal T/S à 2 l/ha au stade E (les sépales laissent voir les sépales).

Observations

Elles sont identiques à celle de l'essai 1.

Résultats

Taux d'occupation des 30 foyers de puceron cendré repérés



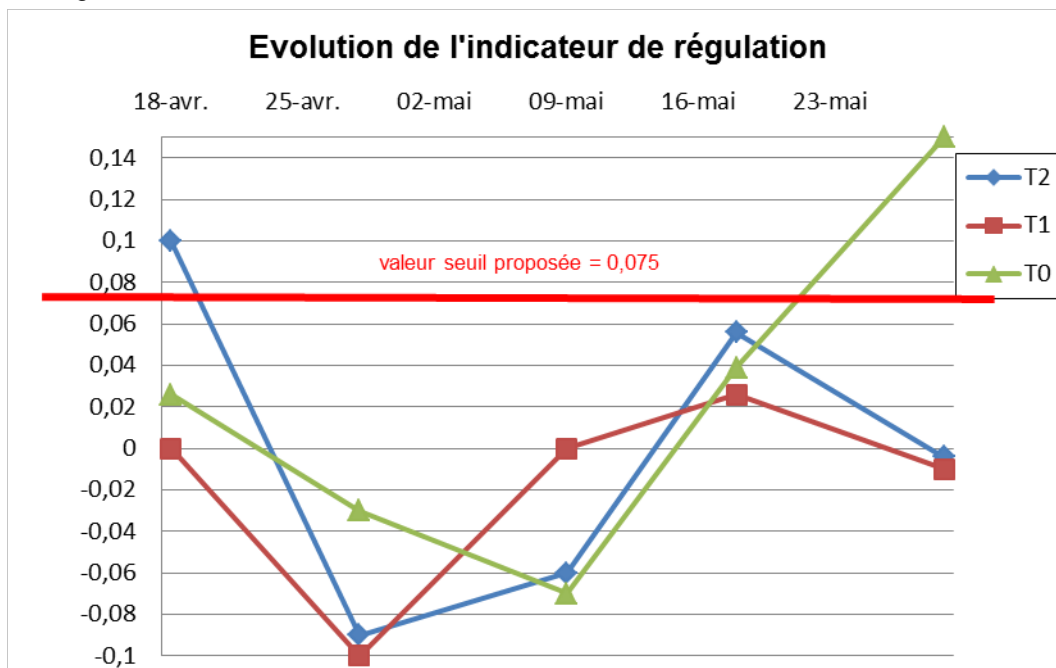
La proportion de foyers occupés est relativement élevée au début du suivi qui intervient après une période relativement chaude pour la saison : on trouve uniquement des très jeunes larves de syrphes.

Ensuite, elle chute de façon durable, sans doute en raison de la dégradation météorologique très nette : gelées successives puis froid du 19/04 au 03/05.

Sur les modalités T1 et T2, les auxiliaires ne se réinstallent pas vraiment par la suite car les populations de pucerons cendré chutent grâce à l'efficacité du NeemAzal.

En revanche, sur le témoin T0, la dynamique du puceron cendré se poursuit ; les auxiliaires sont donc plus nombreux : ils occupent 4 foyers/10 : essentiellement larves de syrphes et quelques punaises. Mais leur présence est insuffisante pour réguler les populations puisque les 30 foyers sont encore actifs au 29/05.

Indicateur de régulation



Les valeurs obtenues par calcul pour l'indicateur de régulation sont la plupart du temps inférieures au seuil de 0,075. Ceci est lié à la faible proportion de foyers occupés par des auxiliaires comme montré ci-dessus.

En revanche, le nombre de fourmis est relativement élevé ce qui explique les valeurs négatives de l'indicateur.

Le seuil de l'indicateur est dépassé le 29 mai sur la modalité T0 non traitée:

$$I = 0,15 \text{ donc } I \gg \text{valeur seuil fixée à } 0,075.$$

La régulation devrait donc être rapide. Or, il n'en est rien car, lors du comptage effectué 18 jours après le 15 juin (présenté dans le chapitre précédent), 60 % des arbres sont encore occupés par le puceron cendré avec en moyenne 3 foyers actifs/arbre.

Commentaires

La présence des auxiliaires a été faible sur cet essai. Cela peut s'expliquer par :

- des chutes de températures importantes fin avril/début mai pouvant avoir comme conséquence une baisse des effectifs des auxiliaires qui ont ensuite mis du temps à recoloniser la parcelle.
- La diminution des proies avec la baisse des effectifs de pucerons cendrés sur les modalités traitées au NeemAzal T/S, particulièrement la modalité T1 sur laquelle le produit a été le plus efficace.

La valeur de l'indicateur est donc faible voire négative (présence de fourmis) sauf lors du dernier comptage sur T0 où $I = 0,15$. Malgré cette valeur, la régulation n'est pas effective comme le montre le suivi des populations de puceron cendré présenté dans le chapitre précédent. La valeur seuil de l'indicateur n'est donc pas confirmée dans cet essai.

• **Essai 3**

Dispositif

Lieu : Saint Thibault (Oise).

Verger de pomme à jus conduit en AB.

Variétés : Jonagold.

Porte-greffe : MM 106.

Age : 9^{ème} feuille.

Modalités étudiées

Trois modalités :

- T0 = témoin non traité.
- T1 = NeemAzal T/S à 2 l/ha au stade D (apparition des boutons floraux).
- T2 = NeemAzal T/S à 2 l/ha au stade E (les sépales laissent voir les sépales).

Observations

Elles sont identiques à celle de l'essai 1.

Résultats

Aucun auxiliaire n'a été observé sur cet essai du 19/04 au 15/05 : valeur de l'indicateur I=0.

Commentaires

Le faible pression de puceron cendré conjuguée aux conditions climatiques froides de mi-avril à début mai expliquent sans doute l'absence d'auxiliaires sur cet essai.

Un suivi au-delà du 15 mai aurait peut-être permis d'observer davantage d'auxiliaires, compte tenu de la dynamique tardive du puceron observé sur cet essai mais les populations de puceron cendré n'étaient pas suffisamment présentes pour effectuer correctement ce suivi.

Sous action 1.4 : contrôle du carpocapse par des méthodes alternatives

Le carpocapse est bien contrôlé par le virus de la granulose dans notre contexte cidricole.

Néanmoins, compte tenu de la résistance existante dans d'autres régions et de la relation entre les dégâts de carpocapse et le risque de présence de patuline, d'autres pistes ont été examinées. La piste prospectée dans ce projet est la voie métabolique avec le sucre comme stimulateur de défense des plantes (SDP).

En 2015, 1 essai a été mis en place. Dans des conditions de pression relativement faible, le saccharose à 100 ppm n'a montré aucune efficacité.

Compte tenu de la difficulté à mettre en évidence une efficacité du sucre (essai 2015 et essais antérieurs de l'IFPC avec pression insuffisante), les essais avec le sucre à infra dose sont arrêtés depuis 2016.

Par ailleurs, en l'absence de nouvelle substance alternative sur ce ravageur, aucun essai concernant ce ravageur n'a été mené en 2017.

Sous action 1.5 : contrôle de la tavelure par des méthodes alternatives

Contexte et état des connaissances :

La tavelure, principale maladie du pommier, est une cause d'interventions assez répétées au printemps (période à risques) en raison de la pluviométrie marquée des régions à vocation cidricole.

Plusieurs études en pomme de table ayant montré une efficacité du broyage des feuilles en hiver sur la réduction de l'inoculum de tavelure (mesure prophylactique), 2 essais ont été mis en place dès 2008 dans le cadre du précédent programme « recherche de références en production de pommes à cidre en agriculture biologique ». Ces essais ont été exceptionnellement continués en 2015 dans le cadre de ce projet car les conditions de contamination n'avaient pas permis de mesurer l'effet du broyage certaines années (printemps 2010 et 2011 secs ayant entraîné une « disparition » de la tavelure par diminution de l'inoculum sur les 2 essais malgré l'absence de traitement et les variétés relativement sensibles). Au terme de 8 années d'essai, les conclusions globales de ces deux essais montraient que l'écart constaté était systématiquement en faveur du broyage mais que cet écart reste modeste (surtout sur l'essai où le broyage est situé proche du témoin.). Le broyage des feuilles a donc un effet partiel démontré qui peut être renforcé en le couplant avec d'autres techniques. Par ailleurs, ces essais ont montré qu'il y a possibilité de réduire le nombre de traitements (avec ponctuellement des impasses totales), même sur une variété sensible comme Petit Jaune, grâce à une connaissance fine de l'inoculum. Ces essais sont arrêtés depuis fin 2015 et le broyage des feuilles est une technique en phase de développement/vulgarisation.

Par ailleurs, des travaux belges en pomme de table ont montré un intérêt d'interventions curatives avec les produits biologiques classiques jusqu'alors utilisés en préventif (cuivre, soufre) et de nouveaux produits biologiques (Curatio, bicarbonate de potassium), en combinaison avec une stratégie basée sur la modélisation avec un nouvel outil : le modèle RIMpro. Ceci permettrait d'espérer à terme une réduction du nombre de traitements en agriculture biologique en privilégiant une stratégie sur risque avéré (en curatif) par rapport à une stratégie reposant sur les prévisions du modèle basé sur les prévisions météorologiques (en préventif). L'intérêt serait aussi d'intégrer ces techniques en verger conventionnel où il existe un risque avéré d'apparition de résistances aux produits chimiques (triazoles notamment). Sur cette base, en 2015, sur les 2 essais d'efficacité de produits biologiques en curatif qui ont été conduits, le Curatio a montré une bonne efficacité sur 1 essai. En revanche, que ce soit en 2015 (pression trop faible dans le témoin non traité) ou en 2016 (conditions météorologiques n'ayant pas permis d'appliquer le produit), l'efficacité du bicarbonate de potassium en curatif n'a pas pu être testée de façon satisfaisante. Compte tenu de la difficulté du positionnement, les essais avec ce produit ne sont pas renouvelés en 2017.

Concernant le modèle RIMpro mis en place sur plusieurs stations de la région, il est travaillé dans le cadre de ce projet depuis 2015 dans l'objectif d'établir et de valider une grille décisionnelle d'interventions en pomme à cidre, dans nos conditions et selon le niveau de risque et le contexte du verger (variétés + ou – sensibles, inoculum + ou – élevé). En 2015, les suivis ont montré une bonne corrélation globale entre le niveau de risque (traduit par le RIM : Relative Infection Measure) et le classement du niveau de contamination donné par le modèle Melchior en fonctionnement dans la région depuis plusieurs années. En 2016, l'approche a été affinée et les essais ont permis de montrer qu'un niveau de RIM équivalent à 400 constituait un risque potentiellement important sur une variété relativement sensible (Douce Moën) et avec un inoculum initial faible à moyen.

Ce niveau de RIM est à nouveau travaillé sur 2 sites en 2017 afin de poursuivre cette quantification du niveau de risque RIMpro en pomme à cidre dans d'autres conditions.

Essais « niveaux de RIM »

Objectif

A partir des calculs de risques du modèle RIMpro et la prise en compte de la sensibilité variétale ainsi que l'inoculum de la parcelle (automne précédent), définir des seuils d'intervention (niveaux de RIM) au-dessous desquels il n'est pas nécessaire de traiter contre la tavelure, dans la phase de contaminations primaires.

Voici la proposition de seuils qui a été travaillée dans ces essais :

Inoculum d'automne	Variétés peu sensibles			Variétés sensibles		
	Nul ou faible	Moyen	Fort	Nul ou faible	Moyen	Fort
Valeur de RIM	600 et +	400 et +	200 et +	300 et +	200 et +	100 et +

Pour chaque essai, le niveau de seuil correspondant à l'inoculum de la parcelle d'essai et à la sensibilité de la variété de la parcelle expérimentale est entouré en rouge.

• Essai 1

Dispositif

Lieu : Ferme du Petit Château à SOMMERVIEU (Calvados).

Variété : Petit Jaune plantés en 2009.

Parcelle conduite en « conventionnel ».

Source météo utilisée pour la modélisation: station i-Metos installée sur la commune de Vaux sur Aure (à 5 km de la parcelle).

Modalités

Compte tenu du classement de sensibilité de la variété travaillée ainsi que l'inoculum de départ, les interventions ne sont déclenchées qu'à partir du RIM 300 ce qui est situé dans le tableau ci-dessous :

Inoculum d'automne	Variétés peu sensibles			Variétés sensibles		
	Nul ou faible	Moyen	Fort	Nul ou faible	Moyen	Fort
Valeur de RIM	600 et +	400 et +	200 et +	300 et +	200 et +	100 et +

Une stratégie supplémentaire consistant à encore relever ce seuil a été ajoutée. Au total, l'essai compte donc 4 modalités :

- T0 : témoin non traité,
- T1 : modalité producteur,
- T2 : modalité traitée en curatif principalement, lorsque le seuil (RIM 300) est atteint,
- T3 : modalité traitée en curatif principalement, lorsque le seuil (RIM 500) est atteint.

Produit de biocontrôle privilégié pour les interventions en curatif sur T2 et T3 : nom commercial CURATIO à base de bouillie sulfo-calcique italienne.

Plan

	Inoculum départ :
T1 : modalité producteur	nul
<i>Bisquet (hors essai)</i>	
T3 : modalité curatif à partir de RIM > 500	nul
<i>Bisquet (hors essai)</i>	
T2 : modalité curatif à partir de RIM > 300	nul
<i>Bisquet (hors essai)</i>	
T0 : modalité Témoin Non Traité	nul

Haie

Observations

- Fin de contaminations primaires : % de pousses tavelées sur 100 pousses et % de feuilles tavelées sur 1 000 feuilles.
- Pré-récolte : estimation de l'inoculum d'automne et % de fruits tavelés sur 1 000 fruits.
- Qualification de l'inoculum à partir de l'observation de 100 pousses :
 - o taches peu nombreuses ou faibles → F,
 - o taches nombreuses ou importantes et susceptibles d'être convergentes → I,
 - o pas de tache → 0.

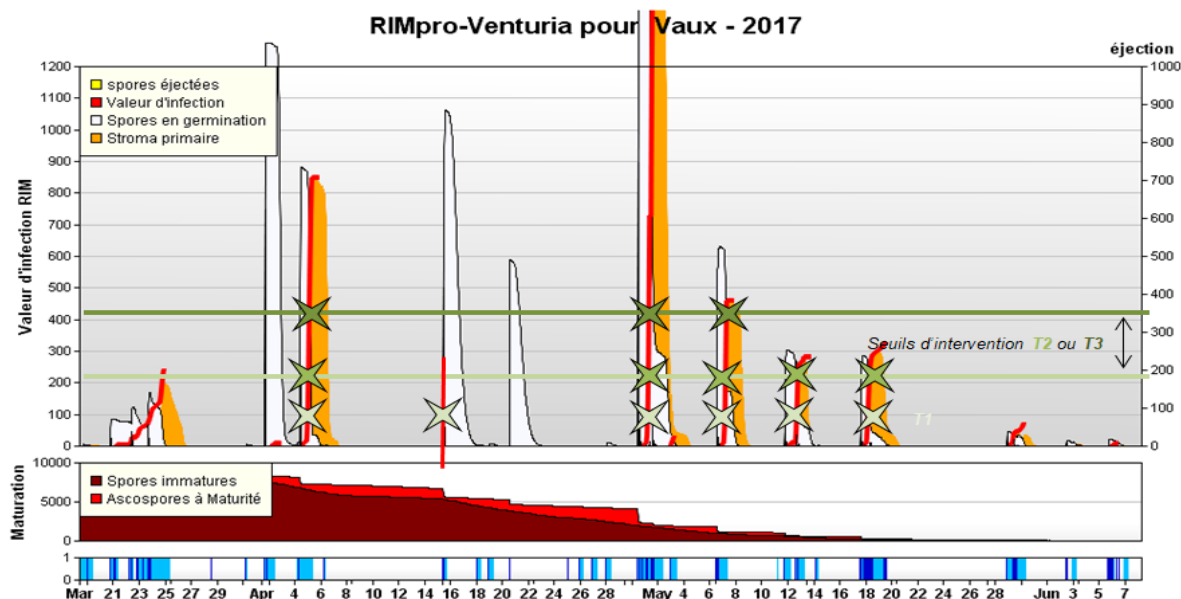
Méthode d'interprétation :

	0 à 30 % de pousses tavelées	30 à 60 % de pousses tavelées	60 à 100 % de pousses tavelées
Somme des qualificatifs I < 1/3	Inoculum "nul"	Inoculum léger	Inoculum moyen
Somme des qualificatifs I ≥ 1/3	Inoculum léger	Inoculum moyen	Inoculum dense

Informations et équipement d'aide à la décision :

- Station i-Metos installée à Vaux sur Aure à 5 km environ du verger + informations sur site du producteur.
- Logiciel de modélisation RIMpro.

Contextes de contamination et détails des programmes de protection réalisés



Les contextes protégés par des traitements sont présentés sous la forme d'étoiles (chaque couleur correspond à une modalité, voir le code couleur sur le plan).

Contextes d'infection					T0	T1 5 interventions et 6 contextes protégés	Traitements modalité T2 5 interventions et 5 contextes protégés	Traitements modalité T3 3 interventions et 3 contextes protégés
Date début	Date fin	Pluie	Projections	RIM		Produit - dose/ha	Produit - dose/ha	Produit - dose/ha
20/03 à 18h	25/03 à 6h	25 mm	300	250				
01/04 à 15h	02/04 à 10h	25 mm	1300	0				
03/04						Delan 0,45 kg/ha	Delan 0,45 kg/ha	Delan 0,45 kg/ha
04/04 à 6h	06/04 à 10h	5 mm	500	850				
15/04 à 10h	15/04 à 15h	2,5 mm	900	350				
17/04						Score 0,15l/ha		
20/04 à 12h	20/04 à 15h	4 mm	600	0				
29/04						Bouillie Bordelaise (1kg) + soufre (6kg)		
30/04 à 10h	03/05 à 10h	32 mm	1600	>1200			Curatio 9 kg/ha, 4h après pluie	Curatio 9 kg/ha, 4h après pluie
06/05 à 12h	07/05 à 10h	4 mm	500	450				
07/05						Syllit 1,5l/ha	Curatio 11 kg/ha, dans les 200 degrés-heure	Curatio 11 kg/ha dans les 200 degrés-heure
11/05 à 18h	13/05 à 10h	10 mm	300	300		<i>Encore protégé par le Syllit</i>		
13/05 matin							Curatio 11 kg/ha, dans les 320 degrés-heure	
17/05 à 12h	19/05 à 15h	50 mm	200	320				
19/05 à 11h						Curatio 11 kg/ha dans les 350 degrés-heure	Curatio 11 kg/ha dans les 350 degrés-heure	
28/05 à 18h	30/06 à 6h	27 mm	50	80				
02/06 à 12h			20	0				
05/06 à 15h			20	0				
Dernières projections primaires le 5 juin selon le modèle								

Résultats/commentaires

Niveaux d'infection

	Fin contaminations primaires : 27 juillet 2017	Pré-récolte : 28 septembre 2017			Inoculum d'automne
	% pousses tavelées *	% pousses tavelées *	% feuilles tavelées	% fruits tavelés	
T0	36 %	40	3,6	0	Léger
T1 (prod)	0 %	2	0,1	0	Nul
T2 (RIM 300)	0 %	8	0,5	0	Nul
T3 (RIM 500)	14 %	36	4,8	0	Léger

* sur 100 pousses prises au hasard

** sur 1 000 feuilles prises au hasard

Comparaison des différentes modalités de protection dans la gestion des risques tavelure

	Nombre de traitements	Nombre de contaminations protégées
T0	0	0
T1 (prod)	5	6
T2 (RIM 300)	5	5
T3 (RIM 500)	3	3

Le producteur (T1) a protégé un contexte de plus que dans la modalité RIM 300 (T2). Cette protection plus complète ne s'est pas traduite par un traitement supplémentaire. Le produit utilisé a en effet permis de couvrir 2 contextes à lui seul.

Quelle que soit la modalité, les taches de tavelure observées n'étaient jamais convergentes, l'intensité a donc été notée F pour toutes, selon protocole retenu pour l'évaluation de l'inoculum d'automne (voir ci-dessus).

La stratégie de couverture adoptée dans ces deux modalités a permis d'aboutir à un inoculum « nul » en fin d'année, donc très satisfaisant.

Dans la modalité T3, les interventions ont été limitées à 3, à savoir lorsque le RIM dépassait 500. Cette réduction de 2 traitements n'a pas permis une aussi bonne protection tavelure. L'inoculum est un peu plus élevé, il reste néanmoins qualifié de « léger ».

Autres observations : présence régulière d'oïdium et de cicadelles.

Conclusion

Le producteur est intervenu selon une stratégie proche de celle proposée dans la grille d'intervention. Les résultats des modalités T1 et T2 sont donc quasi identiques.

5 traitements ont été nécessaires pour couvrir les contextes tavelure de l'année qui ont atteint ou dépassé le RIM 300. Cela a permis une protection très satisfaisante avec moins de 10 % de pousses tavelées en fin de saison. On peut donc en déduire que ce niveau d'intervention est suffisant dans le cas d'une variété comme Petit Jaune qui présentait un inoculum nul l'année précédente.

Nous avons voulu vérifier si le relèvement de la grille d'intervention à un RIM plus élevé de 500 permettait une protection tavelure correcte ou non. Cette stratégie a permis de réduire le nombre de traitements à 3. L'inoculum final a par contre augmenté. Avec un nombre de pousses tavelées de 36-40 %, le niveau de protection n'est assurément pas suffisant pour contenir durablement l'infection et éviter, à terme, des impacts pénalisants sur la production.

Aucune différence n'est en outre observée par rapport au témoin T0 sans traitement. Autrement dit, les 2 contaminations non protégées dans la modalité T3 (12-14 et 18-19 mai) ont été très impactantes.

• **Essai 2**

Parcelle

Lieu : Toutainville (Eure).

Variété : Petit Jaune sur M 106.

Age : 25 ans.

Parcelle conduite en « conventionnel ».

Inoculum tavelure le 20/09/2016 : qualification de l'inoculum selon les tableau « méthodes d'interprétation (paragraphe « Observations » de l'essai 1) » : faible.

Modalités

Compte tenu du classement de sensibilité de la variété travaillée ainsi que l'inoculum de départ, les interventions ne sont déclenchées qu'à partir du RIM 300 ce qui est situé dans le tableau ci-dessous :

Inoculum d'automne	Variétés peu sensibles			Variétés sensibles		
	Nul ou faible	Moyen	Fort	Nul ou faible	Moyen	Fort
Valeur de RIM	600 et +	400 et +	200 et +	300 et +	200 et +	100 et +

Une stratégie supplémentaire consistant à encore relever ce seuil à 500 a été ajoutée. Au total 3 modalités :

- T0 : témoin non traité sauf BB stade C3,
- T1 : modalité traitée en curatif principalement, lorsque le seuil (RIM 300) est atteint,
- T2 : modalité traitée en curatif principalement, lorsque le seuil (RIM 500) est atteint.

Chaque modalité est placée sur des blocs de parcelles distantes de 50 à 100 mètres.

Essai mené sur contaminations primaires ; aucun traitement sur les contaminations secondaires.

Observations

Identiques à l'essai 1.

Informations et équipement d'aide à la décision :

- Logiciel RIMpro.
- Station iMétos dans le verger.

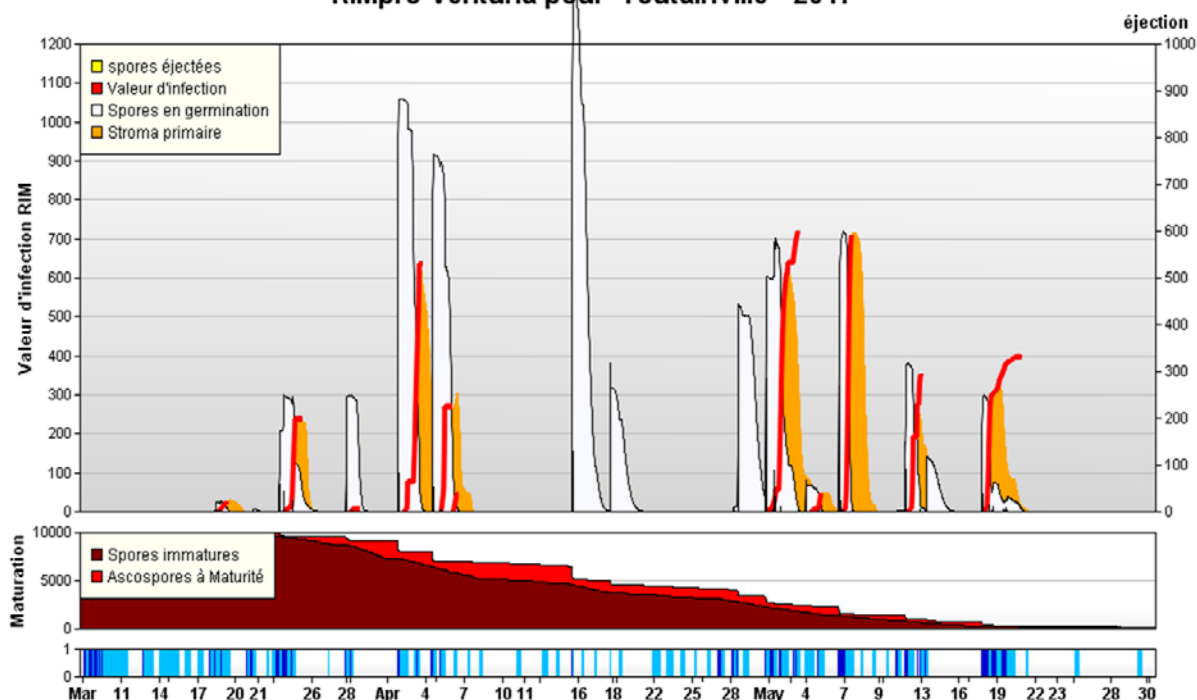
Contextes de contamination et détails des programmes de protection réalisés

Modèle RIMpro Valeur du RIM*	T0	T1	T2	Observations
Maturité des ascospores de tavelure atteinte le 15 mars 2017 - Stade C3 sensible atteint le 2 avril 2017				
Du 02/04 au 03/04 RIM 650	30/03/2017 stade C3 BB 4 kg/ha	30/03/2017 stade C3 BB 4 kg/ha	30/03/2017 stade C3 BB 4 kg/ha	
Du 05/04 au 06/04 RIM 280		r		Effet préventif de la BB du 30/03 considéré comme suffisant compte tenu du faible RIM
Du 30/04 au 03/05 RIM = 710		28/04/2017 Merpan SC 3 l/ha	28/04/2017 Thiovit 6 Kg/ha + BB 2 kg/ha	
Du 06/05 au 07/05 RIM = 700		04/05/2017 Syllit 1,7 l/ha	04/05/2017 Syllit 1,7 l/ha	
Du 12/05 au 13/05 RIM = 350		15/05/2017 Score 0,15 l/ha + Thiovit 6 kg/ha+ BB 1 kg/ha		Intervention couplée curatif + préventif car risque annoncé
Du 18/05 au 20/05 RIM = 400		22/05/2017 Score 0,15 l/ha + Thiovit 6 kg/ha + BB 1 kg/ha		Intervention couplée curatif + préventif car risque annoncé
Stock d'ascospores nul le 10/06/2017 : fin des contaminations primaires				

BB : bouillie bordelaise

La valeur de RIM du tableau est illustrée sous forme graphique ci-après (courbes rouges)

RIMpro-Venturia pour Toutainville - 2017



L'essai a pu être correctement mené avec les 2 derniers risques traités pour la modalité T1 alors qu'ils ne sont pas traités pour la modalité T2 car leur valeur est inférieure à 500.

Si on excepte le traitement de débourement du 30/03, le nombre d'interventions contre la tavelure est donc de :

- 4 interventions pour la modalité T1,
- 2 interventions pour la modalité T2.

Résultats

Incidence de la tavelure en fin de contaminations primaires le 07/07/2017 :

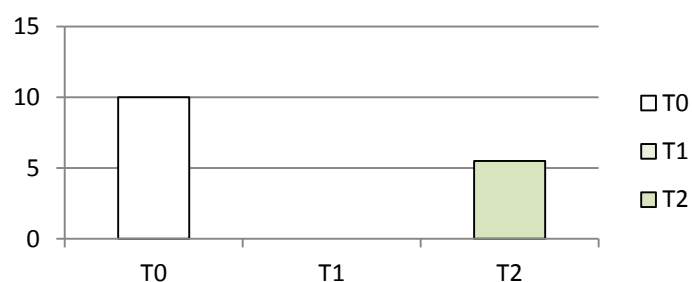
Modalité	T0	T1	T2
Feuille en %	1,4	0	0
Pousses en %	6	0	0
Fruits en %	0	0	0

Les observations en fin de contaminations primaires montrent que la tavelure est absente sauf sur le témoin sur lequel on trouve quelques taches mais avec un niveau de présence très faible.

Incidence de la tavelure avant récolte le 14/09/2017

1) Sur feuilles

Pourcentage de feuilles présentant de la tavelure avant récolte



Aucune présence de tavelure dans la modalité T1. On note la présence de tavelure sur feuilles pour les modalités T0 et T2 mais sans différence significative.

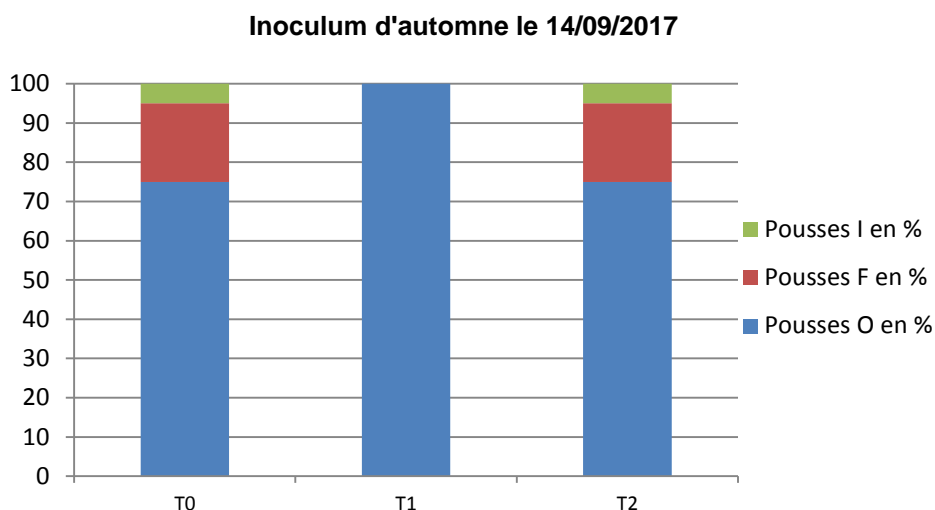
2) Sur fruits

Modalité	T0	T1	T2
Fruits en %	1	0	1

Aucune présence de tavelure dans la modalité T1.

Très faible présence de tavelure sur fruits pour les modalités T0 et T2. Pas de différence entre T0 et T2.

Inoculum d'automne



Aucune présence de tavelure dans la modalité T1.

Sur les modalités T0 et T2, on note la présence de tavelure. Le taux de dégâts et l'incidence de la tavelure sur pousses sont équivalents pour ces deux modalités.

Classement de l'inoculum :

- T1 : aucune tavelure => inoculum nul,
- T0 et T2 : 25 % de pousses tavelées dont seulement 5 % de pousses classées I => inoculum nul.

La présence de tavelure sur les modalités T0 et T2 est au final peu incidente avec un classement en inoculum nul identique à la modalité T1.

Commentaires

Ces résultats montrent que, dans un contexte de très faible pression tavelure :

- Le niveau de RIM de 300 est très bien adapté sur la variété Petit Jaune avec inoculum nul : pas de tavelure détectée sur cette modalité. Nombre d'interventions en saison = 4.
- En appliquant un niveau de RIM de 500, on diminue de moitié le nombre d'interventions : nombre d'interventions = 2. Ceci a pour conséquence l'apparition de tavelure sur cette modalité mais avec une incidence très faible car l'inoculum d'automne est classé nul et les dégâts sur fruits quasi nuls (1 %).
- Sur le témoin non traité (sauf stade C3), le niveau de tavelure est faible, identique à la modalité RIM de 500. Cela peut paraître surprenant car il y a 2 risques d'une valeur de RIM de 700 et 710 non couverts T2. Mais compte tenu du contexte de faible présence de tavelure tavelées, le comptage de 100 pousses n'est peut-être pas suffisant pour discriminer les 2 modalités.

Sous action 1.6 : contrôle du monilia sur fleur par des méthodes alternatives

Contexte et état des connaissances

Le monilia sur fleur cause des dégâts importants sur certaines variétés cidricoles très sensibles : Judaine, Juliana, Clos Renaux, Cartigny. Ces dégâts peuvent entraîner une perte quasi totale de la production par dessèchement des fleurs puis l'installation généralisée de chancres à monilia remettant en cause la durabilité du verger. Les essais menés sur abricotier (INRA, GRAB Avignon), espèce très sensible à cette même maladie, montrent qu'une association de produits biologiques pourrait donner des résultats intéressants.

En 2015, 1 essai a été mené en associant des interventions avec des produits utilisés contre la tavelure et à effet secondaire sur moniliose (cuivre et soufre) et un nouveau produit à base de bicarbonate de potassium, l'Armicarb. Sur une parcelle avec très fort inoculum, malgré des interventions soutenues, aucune différence n'a été constatée en comparaison avec le témoin non traité.

En 2016, dans des conditions de très forte pression moniliose (météo très humide pendant toute la floraison), la comparaison de l'ajout de Curatio aux traitements à base de cuivre et de soufre a montré que le Curatio pourrait avoir un intérêt supérieur. Cet essai est reconduit en 2017 en changeant de parcelle d'essai (inoculum trop important). Sur l'autre essai conduit en 2016, le bicarbonate de potassium n'a pas apporté d'efficacité supplémentaire par rapport à des interventions avec soufre et cuivre.

Objectif

Tester l'efficacité d'une stratégie basée sur des interventions avec des produits biologiques en préventif et/ou curatif.

• Essai 1

Dispositif

Lieu : GAEC du Haut rocher. Saint Senier de Beuvron (Manche).

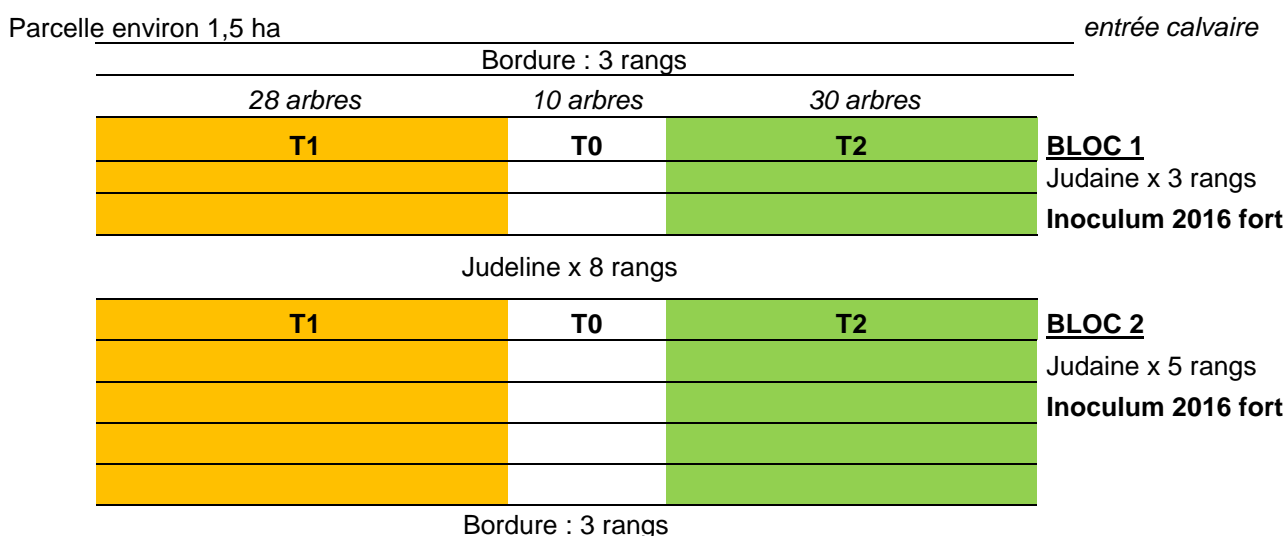
Variété : Judaine sur M 106 ; verger conduit en AB. Forte pression moniliose en 2016.

Modalités

Essai avec 2 blocs (voir plan).

- T0 : témoin non traité : 10 arbres en milieu de rang pour éviter les effets de gradient.
- T1 : programme curatif intégrant le CURATIO (polysulfure de calcium) appliqué contre la tavelure, (dérogation d'usage sur tavelure du pommier en 2017) à 24 l/ha avant floraison, 18 l/ha en floraison et 12 l/ha après floraison.
- T2 : programme préventif à base de cuivre + soufre (noms commerciaux Bouillie Bordelaise et Thiovit jet) doses : 1 à 2 kg/ha de bouillie bordelaise selon interventions et 5 kg/ha de Thiovit jet.

Plan de parcelle :



Interventions réalisées

date	stade	T0	T1	T2
28/03/2017			CUIVRE + SOUFRE	
02/04/2017	E-E2		CURATIO	
05/04/2017				CUIVRE + SOUFRE
09/04/2017	10% fleurs ouvertes		CURATIO	
14/04/2017	F3-G		CURATIO	CUIVRE + SOUFRE
22/04/2017	H - I		CURATIO	
24/04/2017	H - I		CUIVRE + SOUFRE	CUIVRE + SOUFRE

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

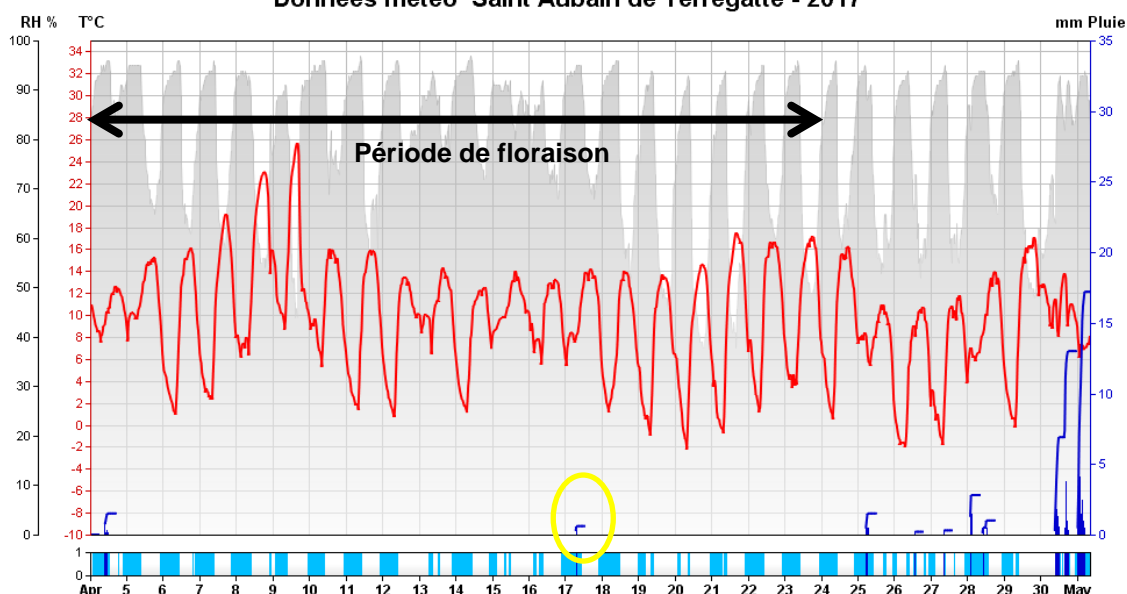
	Bloc 1 Intensité des dégâts (1 à 5)	Bloc 2 Intensité des dégâts (1 à 5)
T0	2	2
T1	1.75 <i>Efficacité* = 13 %</i>	1.5 <i>Efficacité sur l'intensité des dégâts* = 25 %</i>
T2	2.75 <i>Efficacité* = - 38 % %</i>	2.5 <i>Efficacité* = - 25 %</i>

* Efficacité par rapport au Témoin selon la formule de Abbott : $Efficacité = (Résultat_{Témoin} - Résultat_{Produit}) / Résultat_{Témoin}$

Commentaires

Les conditions météorologiques pendant la floraison de Judaine ont été sèches, seule une petite pluie le 17 avril s'est produite. L'humidité relative était relativement forte entre le 12 et le 18 avril mais les températures n'ont pas dépassé les 14° C pendant cette période. Seul un pic de températures au-dessus des 20° C a été observé en début de floraison (les 8 et 9 avril).

Données météo Saint Aubain de Terregatte - 2017



Ces conditions climatiques assez peu favorables au développement de la moniliose fleur expliquent la diminution des symptômes par rapport à l'an dernier, sur le témoin inclus. Dans ces conditions, il est difficile de discriminer une modalité même si celle utilisant le CURATIO (T1) semble plus prometteuse que le cuivre + soufre (T2). L'insuffisance des résultats pour la modalité T2 avec cuivre + soufre semble confirmer des résultats déjà observés. Il conviendrait néanmoins de poursuivre cet essai sur plusieurs années encore afin de suivre l'évolution de l'inoculum.

• Essai 2

Dispositif

Lieu : EARL du Domaine de Mothois à Saint Quentin des Prés (Oise).

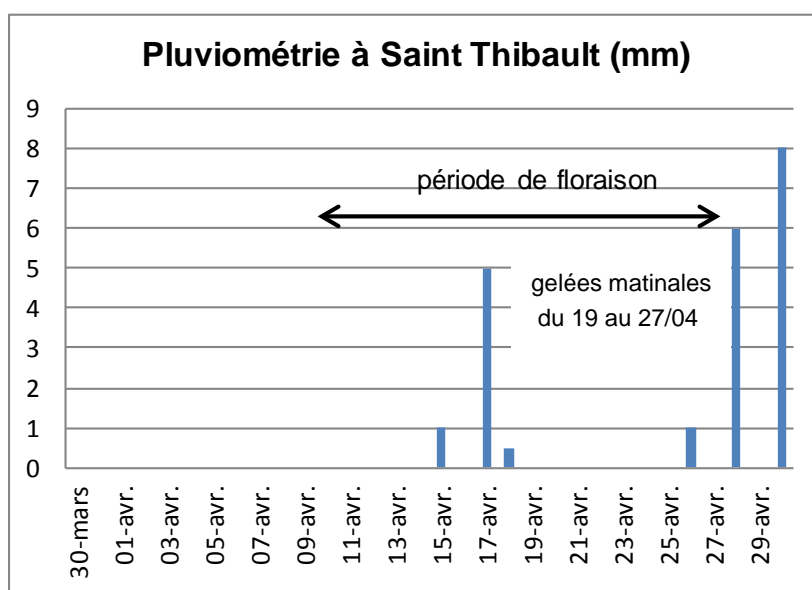
Variété : Judaine sur M 106 ; verger conduit en AB.

Modalités

- T0 : témoin non traité : 10 arbres.
- T1 : programme préventif à base sulfate de cuivre dosé à 20 % et de soufre dosé à 80 % et curatif intégrant le CURATIO (polysulfure de calcium) appliqué contre la tavelure, (dérogation d'usage sur tavelure du pommier en 2017) à 24 l/ha avant floraison, 18 l/ha en floraison et 12 l/ha après floraison.
- T2 : programme préventif à base sulfate de cuivre dosé à 20 % et de soufre dosé à 80 %.

Interventions réalisées

date	Stade	T0	T1	T2
30/03/2017	D3-E		Sulfate de cuivre 2 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha	Sulfate de cuivre 2 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha
10/04/2017	10 % fleurs ouvertes		Sulfate de cuivre 2 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha	Sulfate de cuivre 2 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha
14/04/2017	50 % fleurs ouvertes		Sulfate de cuivre 1,5 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha	Sulfate de cuivre 1,5 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha
21/04/2017	80% fleurs ouvertes		Sulfate de cuivre 2 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha	Sulfate de cuivre 2 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha
24/04/2017	Chute des pétales		Sulfate de cuivre 1 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha	Sulfate de cuivre 1 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha
27/04/2017	Fin chute des pétales		Sulfate de cuivre 1 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha	Sulfate de cuivre 1 kg/ha + Microthiol 6 kg/ha



Les gelées matinales successives du 19 au 27 avril n'ont pas permis d'appliquer le Curatio prévu sur la modalité T1 car ce produit a un effet éclaircissant qui aurait pu pénaliser davantage la récolte.

De fait, les modalités T1 et T2 ont eu les mêmes interventions avec 6 interventions à base de cuivre et de soufre.

Les conditions climatiques ont été moyennement favorables à la moniliose sur fleur avec une période de beau temps sec en début de floraison puis quelques précipitations en pleine floraison mais accompagnées de températures fraîches (9° C en moyenne) peu favorables à la moniliose sur fleur puis une période de gelées matinales avec un temps sec et une fin de floraison avec des précipitations mais des températures restant froides.

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 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	3,15	2,15	10
T1-T2	3,55	2,55	14

La présence de moniliose est globalement modérée sur la parcelle d'essai ce qui peut s'expliquer par les conditions météorologiques moyennement favorables de l'année (voir ci-dessus).

Les interventions effectuées sur la modalité T1-T2 n'ont pas permis de diminuer les dégâts. La différence avec le témoin non traité n'est pas significative car l'hétérogénéité des notations ne permet pas une exploitation statistique.

On peut remarquer que la présence de moniliose est légèrement plus soutenue sur la modalité T1-T2 ce qui peut s'expliquer par un niveau de floraison également un peu plus élevé.

Commentaires

Cet essai montre que, dans le contexte de pression en moniliose relativement modéré de l'année 2017, les interventions répétées avec des produits biologiques cuivre et soufre n'ont eu aucune efficacité en comparaison au témoin non traité.

ACTION 2 : ALTERNATIVES AU DESHERBAGE CHIMIQUE

Contexte et état des connaissances

En verger cidricole, l'entretien du rang (ligne de plantation) est une problématique fortement liée à la récolte mécanique des pommes au sol. Les fruits doivent tomber sur un sol nivelé et tassé, le plus sain possible. Les blessures et souillures sur fruits sont à limiter au maximum car elles entraînent des problèmes de conservation dont certains sont vecteurs de mycotoxine dans les cidres (patuline).

En alternative au désherbage chimique, des essais ont montré que l'enherbement du rang est une solution intéressante qui améliore la conservation des fruits au sol et facilite la récolte (données IFPC). Cela est valable en verger adulte lorsque les arbres ont une vigueur suffisante permettant de supporter une certaine concurrence de l'herbe sur le rang.

Cependant, cette technique doit être adaptée pour la phase de jeunesse des vergers durant laquelle le développement de l'arbre est une priorité incontournable (concurrence à éviter absolument). Ceci est d'autant plus important dans un contexte de « nouvelle vague » de plantation du verger cidricole.

Les essais menés de 2009 à 2014 dans le programme « recherche de références en verger de pommes à cidre en agriculture biologique » ont permis d'obtenir un certain nombre d'informations sur la comparaison de différents modes d'entretien du rang. L'essai mené depuis 2009 à Criquiers (Seine-Maritime) a été prolongé exceptionnellement en 2015 dans le cadre de ce programme car les données agronomiques étaient insuffisantes pour conclure (problème de nouaison 2 années consécutives sur la parcelle). Au terme de l'année 2015, les principales conclusions sur cet essai sont que le semis de pâturin à la plantation est trop concurrentiel pour être recommandé : en 7^{ème} feuille, l'effet de concurrence est encore très net sur le rendement. Les couvertures de sol testées (mulch d'écorces ou d'anas de lin et bâche) ont toutes un effet positif sur l'installation des arbres et les rendements: Un semis de pâturin commun en 4^{ème} feuille après dégradation des mulchs n'a montré aucun effet concurrentiel (mais la parcelle était alors en carence azotée de façon globale). Le problème des mulchs est le coût et la mise en place qui nécessite un matériel spécifique inexistant pour l'instant et quasi impossible à amortir. La bâche n'est pas une solution très adéquate car il se pose le problème de son maintien dans le temps, pas obligatoirement souhaité. Cet essai est arrêté depuis fin 2015.

En se basant sur ces enseignements, de nouveaux essais ont été mis en place en 2015 pour tester de nouveaux types de couverts et pour étudier la possibilité de compenser la concurrence d'un enherbement dès la plantation.

Sous action 2.1 : nouveaux couverts en alternative au désherbage chimique en jeune verger

Contexte et état des connaissances

Dans l'état actuel des connaissances, plusieurs nouvelles pistes se dégagent : mise au point pour le secteur viticole de paillages de type plastiques biodégradables, d'une durée de vie plus longue que ceux proposés jusqu'alors en maraîchage, mélange de mulch d'écorce avec des matières azotées rapidement assimilables (technique testée dans le cadre du projet « Verger cidricole de demain »), implantation de légumineuses (apport d'azote par les nodosités) ou d'espèce herbacée à moindre développement comme la fétuque ovine. Tous ces couverts ont été mis en place en 2015 sur 2 sites.

Objectifs

Mettre en place des essais sur jeunes parcelles avec des couverts variés sur le rang: enherbements peu concurrentiels divers à base de légumineuses (apport d'azote), fétuque ovine.

Vérifier l'incidence de différents modes d'entretien du rang sur la floribondité, la nutrition des arbres et le rendement.

- **Essai de différents couverts sur le rang**

Dispositif

Mise en place : mars 2015.

Lieu : ferme du Lavoir. G. Capelle. Formigny (Calvados).

Variété : Querina sur M106.

Cinq modalités

- T0 : bâche 80 µm.
- T1 : bâche 30 µm (biodégradable).
- T2 : mulch + fientes
1 140kg/ha de fientes dosant 35-25-20, soit 40uN – 28,5 uP – 23 uK/ha en localisé sur le rang de 1,5 m de largeur à la plantation.
- T3 : trèfle d'Alexandrie (30 kg/ha), légumineuse – semis le 10/04/2015.
- T4 : trèfle blanc nain (30 kg/ha), légumineuse – semis le 10/04/2015.
- T5 : trèfle souterrain (30 kg/ha), légumineuse – semis le 10/04/2015.

Nombre d'arbres par modalité : 10 arbres homogènes repérés (sur un rang complet en comptant environ 40).

Observations

Levée des couverts semés sur le rang (année N).

Taux de recouvrement des espèces semées à différentes dates.

Développement des arbres et concurrence des semis (longueur des pousses et circonférence des troncs).

Analyses foliaires.

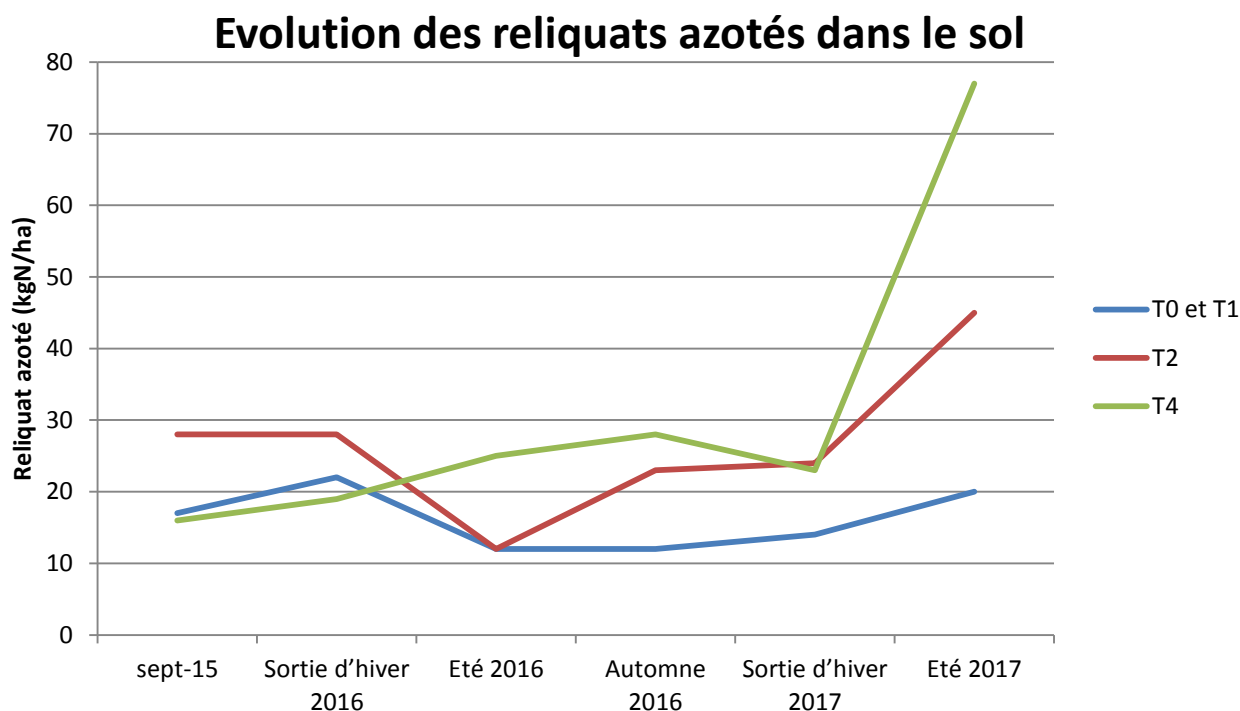
Reliquats d'azote.

Re-semis et-pérennité du couvert.

Résultats et commentaires

Développement des 3 modalités semées avec des légumineuses

	Trèfle alexandrie	Trèfle blanc nain	Trèfle souterrain
Modalité	T3	T4	T5
Capacité de re-semis et pérennité du couvert	Ce trèfle a gelé durant l'hiver 2015-2016 et ne s'est pas re-semé	Couvert pérenne, reste en vie durant l'hiver 2015-2016, puis toute la saison 2016. En 2017, il est un peu gagné par les graminées de l'inter-rang	Ce trèfle n'a pas du tout réussi à s'implanter



Rappel 2015

Les reliquats observés en septembre 2015 sont relativement faibles, mais cela peut s'expliquer par les importantes pluies d'août qui ont certainement occasionné du lessivage.

Peu de différences sont observées entre la bâche et les modalités avec les légumineuses qui ne semblent pas avoir encore enrichi le sol en azote via leurs nodosités.

C'est la modalité avec le mulch qui présente le sol le plus riche en azote, et particulièrement en azote nitrique. La minéralisation des fientes, associées, explique très probablement ce résultat.

Rappel 2016

En fin d'hiver 2015/2016, (mars 2016), les reliquats ont des valeurs proches, en très légère augmentation par rapport à celles de septembre 2015, sauf pour la modalité mulch où elles restent à un niveau plus élevé. On peut penser que les fientes apportées à la plantation continuent de restituer de l'azote (environ 5 à 10 uN/ha de plus que dans les autres modalités).

A l'automne, comme déjà observé en juillet, c'est la modalité implantée avec les légumineuses qui présente les plus forts reliquats (28 kg/ha). La T2 (mulch) est relativement proche à l'automne, les reliquats ont fortement augmenté depuis la dernière mesure. Cela s'explique certainement par une minéralisation importante : pluies après un été chaud et sec.

Sous les bâches, les reliquats sont très faibles (12 kg/ha) mais cela s'explique certainement par le fait que l'été ait été sec, et que le sol mette du temps à se ré humecter à cause de la bâche.

2017

En début de printemps, les teneurs sont quasi stables par rapport à celles de l'automne précédent. Les reliquats sont meilleurs dans les modalités « mulch » et « trèfle blanc ». Les écarts s'amplifient au contrôle d'été avec la bâche. Cela s'explique certainement par l'état de sécheresse du sol sous cette dernière qui empêche toute minéralisation du sol. Ce déficit hydrique est d'ailleurs inquiétant pour les arbres, l'idéal serait de l'arracher cet hiver. En absence de désherbage chimique, l'arrachage n'est pas une opération facile du fait du recouvrement par les adventices. C'est entre autre, de ce point de vue que la bâche biodégradable revêt un intérêt particulier.

Indice de floraison :

L'indice de floraison observé le 19 mai 2016 est identique quelles que soient les modalités : 4,5 (sur une échelle de 1 à 5). Les arbres sont donc très fleuris. Cependant, ils ne sont qu'en deuxième feuille et leur gabarit ne leur permet pas de porter une charge : toutes les pommes ont donc été enlevées dans le courant du mois de juin.

Les indices de floraison évalués en 2017 (5 avril) sont à nouveau proches entre modalités : 3,5 (sur une échelle de 1 à 5). Les différences de reliquats n'ont donc pas entraîné d'écarts sur les niveaux de floraison.

L'épisode de gel tardif de la 2^{ème} quinzaine d'avril a induit un déficit marqué de nouaison. Les mesures de production n'ont donc pas pu être réalisées.

Analyses foliaires : 22/06/17 (3^{ème} feuille)

	Unités	Bâche plastique T0	Bâche biodégradable T1	Mulch T2	Couvert T4 (T. Blanc)	"Normes" P à cidre
MS (matières sèches)	% brut	21,9	20,3	19,5	23	
MM (matières minérales)	% MS	6,9	6,4	6,8	6,7	
MO (matières organiques)	% MS	93,1	93,6	93,2	93,3	
MAT (matières azotées totales)	g/kg MS	146	152,0	158	153	
N (azote total)	% MS	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3-2,5
P (phosphore total)	% MS	0,36	0,37	0,44	0,35	0,17-0,19
K (potassium total)	% MS	2,15	2,14	2,26	2,04	1,5-1,7
Mg (magnésium total)	% MS	0,16	0,18	0,18	0,18	0,2-0,37
Ca (calcium total)	% MS	0,86	0,53	0,67	0,89	1,2-1,4
Na (sodium total)	% MS	0,04	0,03	0,03	0,02	
Cu (cuivre total)	mg/kg MS	9,2	9,4	10,8	8	25-140
Zn (Zinc total)	mg/kg MS	14,9	14,2	17	15,7	15-25
Mn (manganèse total)	mg/kg MS	23,4	21,2	27,2	30,1	25-140
Fe (fer total)	mg/kg MS	40,7	32	59	38,3	60-240
B (bore total)	mg/kg MS	28,4	34,5	33,6	27,7	25-40

De manière générale, les arbres manquent de magnésie et de calcium; alors que la potasse est en excès. Il y a donc déséquilibre entre ces 3 éléments antagonistes.

Les teneurs en P sont un peu élevées. Quant aux teneurs azotées, elles sont proches de la norme recherchée.

Les teneurs foliaires ne permettent pas de distinguer nettement les modalités entre elles, on notera cependant que la modalité mulch présente des teneurs N,P,K et en oligoéléments légèrement supérieures.

Concernant les teneurs azotées, elles sont proches pour toutes les modalités alors que de fortes différences s'expriment au niveau de l'analyse de reliquat d'azote (20 uN dans les modalités bâche contre 45 pour le mulch et 77 pour le trèfle blanc nain qui semble restituer beaucoup d'azote).

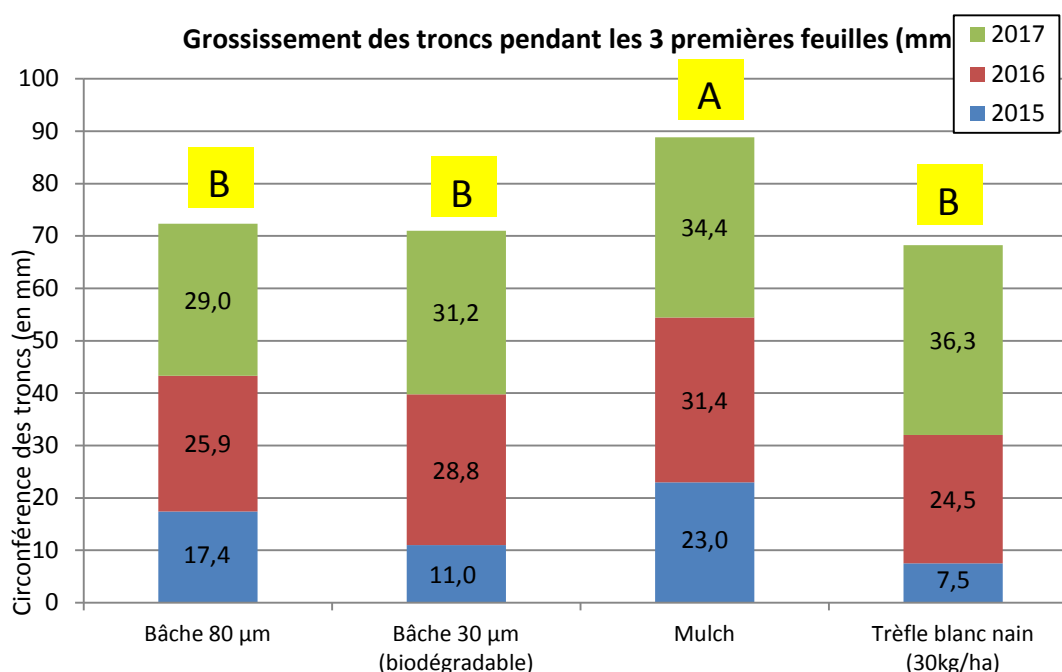
- 1) Développement des arbres / concurrence : circonférence des troncs sur les 3 premières années
- Grossissement du tronc (en mm) uniquement sur l'année 2017 :

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
4.0	Trèfle Blanc Nain	36,25	A		
3.0	Mulch	34,429	A	B	
2.0	Bâche 30	31,2		B	C
1.0	Bâche 80	29			C

En 2017, c'est la modalité enherbée avec le trèfle blanc nain qui a eu la meilleure croissance, suivie de la modalité avec le mulch. Les différences ne sont pas statistiquement différentes.

Les troncs des deux modalités bâchées ont moins bien grossi, en particulier la bâche classique 80 microns. 2017 a été sec sur toute la première moitié de l'année, il est très probable que les arbres aient souffert sous les bâches car la terre s'y réhumecte très peu. Le phénomène est moins important sous la bâche fine biodégradable car elle commençait début 2017 à se dégrader par endroits. Les résultats des reliquats azotés vont également en ce sens.

- Grossissement cumulé du tronc sur les 3 premières feuilles :



En termes de croissance du tronc cumulée sur 3 ans, c'est la modalité T2 / mulch qui offre de façon assez nette les meilleurs résultats. Les analyses statistiques la classent en A, alors que les autres sont en B.

On remarquera que le grossissement sur la modalité trèfle blanc est pénalisé la première année. Il est par contre proche de celui des modalités bâchées en 2016 et meilleur en 2017. Ainsi, au bout de 3 ans, l'estimation de la croissance via le grossissement des troncs est quasi identique entre les modalités bâchées et enherbée avec le trèfle blanc nain. Les restitutions d'azote n'ont pu débuter qu'après un délai nécessaire à l'installation des nodosités (voir résultats des reliquats d'azote) et la modalité couverte a moins souffert de la sécheresse que les modalités bâchées qui ne se sont pas réhumectées suffisamment (voir résultats des reliquats et du grossissement 2017).

D'autre part, des campagnols sont observés dans les mêmes proportions que dans les modalités mulch et bâches, le trèfle ne les a pas favorisés.

Pour ce qui est de la biodégradabilité de la bâche testée, elle n'est pas clairement démontrée au bout de 3 ans. Sa finesse entraîne de nombreux déchirements avec les passages de broyeur, ce qui fait que l'eau pénètre mieux sous la bâche. Mais les parties en contact avec la terre ne sont pas biodégradées par les microorganismes du sol comme annoncé par le fabricant. Lors de la première récolte qui était attendue en 3^{ème} feuille (s'il n'y avait pas eu d'épisode de gel), la bâche encore bien présente et les bouts déchirés auraient occasionné une gêne importante.

• Essai de fétuque ovine en couvert sur le rang

Parcelle

Lieu : Thevray (Eure).

Variétés : Judor et Dabinett.

Porte-greffe : M 106.

Distances de plantation : 5 m x 2 m.

Précédent : blé en conventionnel.

Année de plantation : hiver 2013-2014 : mise en place de l'essai en 2^e feuille en 2015.

Dispositif

Essai en rangées entières : 2 rangs de 50 arbres/modalité.

10 arbres repérés et suivis/modalité.

Modalités testées

- T0 : témoin désherbé chimiquement ; 2 passages de désherbant en 2017.
- T1 : pâturin commun. Semis le 29/05/2015 à 50 kg/ha sur une largeur de 80 cm sur le rang ; 1 passage de tonte au Rotofil en juin 2017.
- T2 : fétuque ovine. Semis le 29/05/2015 à 200 kg/ha sur une largeur de 80 cm sur le rang ; 1 passage de tonte au Rotofil en juin 2017.

Fertilisation avec du phosphate d'ammonium 18-46 à raison de 200 kg/ha en 3 apports fractionnés.

Irrigation au goutte à goutte : goutteurs de 2 l/h tous les 80 cm.

Observations

Comportement des espèces semées.

Disponibilité de l'eau dans le sol : suivi de l'humidité du sol par tensiomètres sur les modalités T0 et T1 à - 30 cm et - 50 cm. Tensiomètres disposés sur le rang dans la zone irriguée.

Analyses physico-chimiques de sol par un laboratoire agréé.

Azote dans le sol : analyses par un laboratoire agréé.

Analyses minérales de feuilles : analyses par un laboratoire agréé.

Croissance : circonférence des troncs et longueur de la pousse de l'axe sur les 10 arbres repérés.

Indice de floraison (de 1 à 5) et récolte (pesée/arbre) : 1^{ère} année de production.

Campagnol : suivi des populations avec le piège Topsnap bien adapté au campagnol des champs présent dans notre région.

Résultats

Comportement des espèces :

2015 : très bonne levée et installation des 2 espèces.

2016 et 2017 : comportement des 2 espèces très satisfaisant avec un très bon niveau de recouvrement et une pression des adventices très faible voire inexistante.

Suivi des populations de campagnols (*Microtus arvalis*) :

Les pièges Topsnap ont été installés fin octobre 2015 après l'observation de quelques galeries sur la parcelle : 1 piège sur le rang désherbé (T0) et 1 piège sur le rang enherbé avec le pâturin (T1).

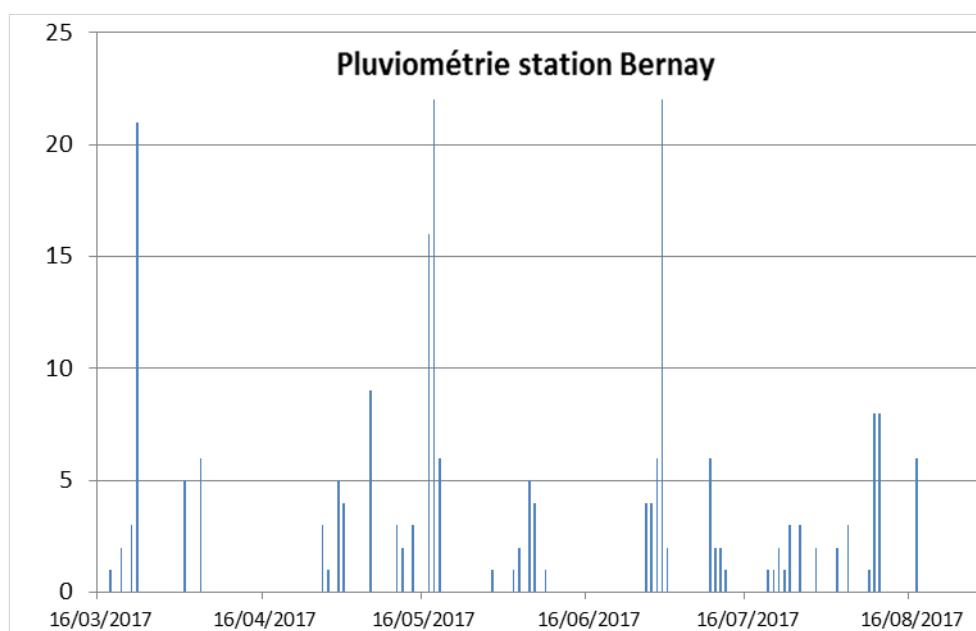
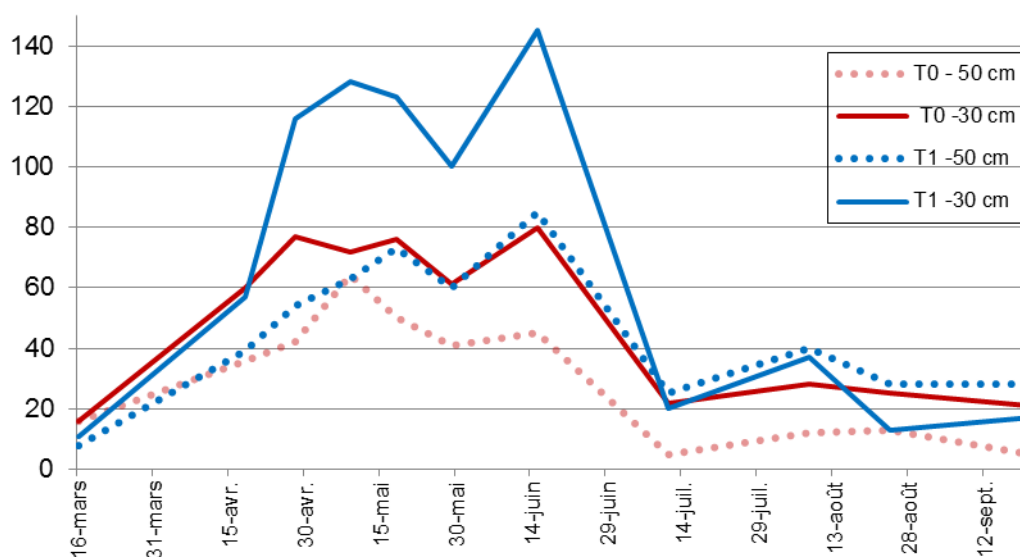
Cumul du nombre de campagnols capturés

Date	T0	T1
Nombre total de campagnols capturés du 13/11/2015 à fin 2016 sur 1 piège	6	10
Nombre total de campagnols capturés en 2017 sur 1 piège	0	3 <i>arrêt des captures après le 18 mai</i>
Total	6	13

En 2017, le nombre de campagnols piégés est en diminution, sans doute en raison du piégeage qui diminue les populations. Au total sur les 2 ans ½ de piégeage, l'enherbement a favorisé la présence de campagnol en comparaison au témoin désherbé mais il n'est observé aucun dégât sur les arbres.

Suivi tensiométrique :

Suivi des valeurs tensiométriques



En 2017 comme en 2016 :

- pour chaque modalité, les valeurs sont toujours plus élevées en profondeur (- 50 cm) qu'en surface (- 30 cm) : plus faible pénétration des eaux de pluie et de l'irrigation en profondeur,
- l'enherbement exerce une concurrence pour l'alimentation en eau des arbres : à profondeur égale, les valeurs sont plus élevées dans T1 (enherbé) que dans T0 (désherbé).

Les valeurs tensiométriques montrent 2 pics (début mai et juin) qui sont suivis rapidement d'une baisse suite aux pluies de mi mai et de fin juin et à la mise en route de l'irrigation fin mai.

Les valeurs maximales restent correctes pour les besoins des arbres sauf dans la modalité enherbée (T1) en profondeur à - 50 cm où le déficit hydrique atteint des niveaux trop importants ayant pu entraîner des conséquences sur les arbres, notamment sur l'induction florale en cours à cette époque de l'année.

A partir de début juillet, il n'y a plus aucun déficit hydrique sur l'essai, même dans la modalité enherbée (T0) grâce à l'effet conjugué des pluies et de l'irrigation.

Azote dans le sol :

Modalité	Rappel 2016 : le 10/03/2016			Le 16/03/2017		
	NH4	NO3	Total NH4 + NO3	NH4	NO3	Total NH4 + NO3
T0	9	11,8	20,8	6,4	15,3	21,7
T1	8,2	1	9	30	1,2	31,2
T2	8,7	0,1	8,8	16,2	0,1	16,3

En 2017, les quantités d'azote disponibles dans le sol en début de saison sont correctes à la fois dans le témoin désherbé mais aussi, contrairement à 2016, pour la modalité enherbée avec le pâturin (T1). En 2017, la concurrence exercée par la pâturin pour l'azote a donc été moindre qu'en 2016 ; ceci peut être lié à un développement végétatif moindre du pâturin en 2016 en raison de la période estivale sèche.

En 2017, dans la modalité enherbée avec la fétuque ovine(T2), les reliquats sont trop faibles (16,3) ce qui montre une concurrence de cet enherbement pour l'azote plus élevée que le pâturin ; ceci peut s'expliquer par une période estivale sèche 2016 favorable au développement végétatif de la fétuque ovine.

On remarque également que les teneurs en azote disponible pour l'arbre (NO3) sont toujours plus faibles dans les modalités enherbées où l'azote est davantage stocké sous forme d'azote ammoniacal NH4.

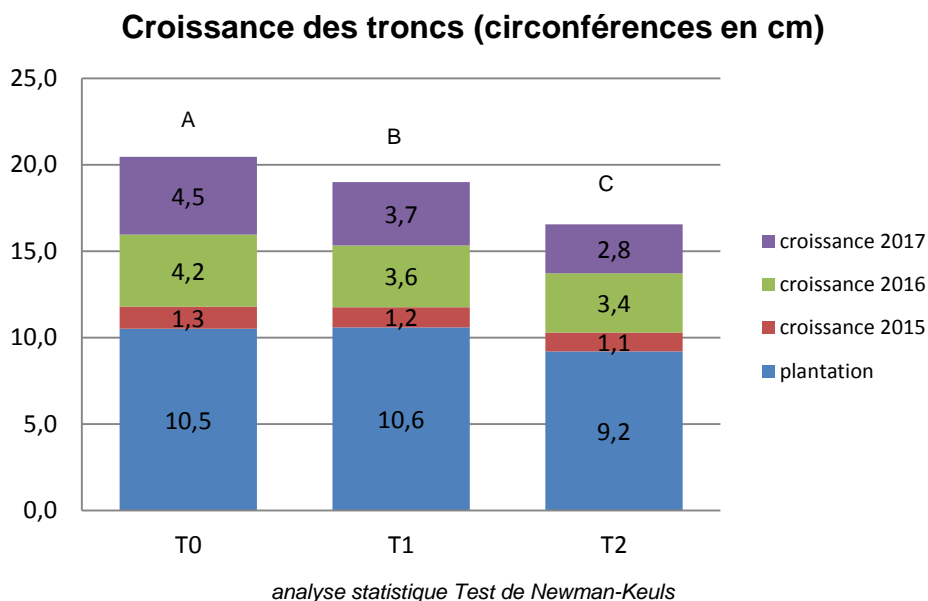
Analyses minérales de feuilles : le 11/07/2017

	Unités	Modalités			« Normes » P à cidre
		T0	T1	T2	
MS (matières sèches)	% brut	38,2	38,5	37,1	
MM (matières minérales)	% MS	7	6,7	6,9	
MO (matières organiques)	% MS	93	93,3	93,1	
MAT (matières azotées totales)	g/kg MS	132	123	106	
N (azote total)	% MS	2,1	2	1,7	2,3-2,5
P (phosphore total)	% MS	0,15	0,18	0,2	0,17-0,19
K (potassium total)	% MS	1,63	1,85	2,01	1,5-1,7
Mg (magnésium total)	% MS	0,21	0,17	0,16	0,2-0,37
Ca (calcium total)	% MS	1,4	1,18	1	1,2-1,4
Na (sodium total)	% MS	0,01	0,01	0,01	
Cu (cuivre total)	mg/kg MS	42,6	59	55,3	25-140
Zn (zinc total)	mg/kg MS	8	7,6	8,6	15-25
Mn (manganèse total)	mg/kg MS	58,3	43	42	25-140
Fe (fer total)	mg/kg MS	25,5	37,6	23,9	60-240
B (bore total)	mg/kg MS	25,5	27	25	25-40

Ces analyses montrent :

- une légère carence en magnésie, plus importante en zinc et fer qu'il faudrait compléter par des apports foliaires ;
- une carence azotée importante pour la modalité enherbée avec la fétuque ovine (T2) qui semble donc avoir exercé une concurrence plus forte que le pâturin en 2017, ce qui confirme les données des reliquats azotés ;
- un niveau d'azote foliaire comparable entre T0 et T1, le pâturin n'a donc pas exercé une forte concurrence pour l'azote en 2017.

Croissance 2017 :



En 2017, l'écart entre modalités s'est accru : la croissance des arbres enherbés avec la fétuque ovine est significativement plus faible que pour le témoin dés herbé T0. Après 3 années d'essai, le gabarit final des arbres est nettement inférieur avec une circonférence moyenne des troncs de 16,5 cm soit – 20 % par rapport aux arbres dés herbés.

Les arbres enherbés avec le pâturin ont une croissance significativement plus faible que celle des témoins dés herbés mais avec seulement – 5 % de différence.

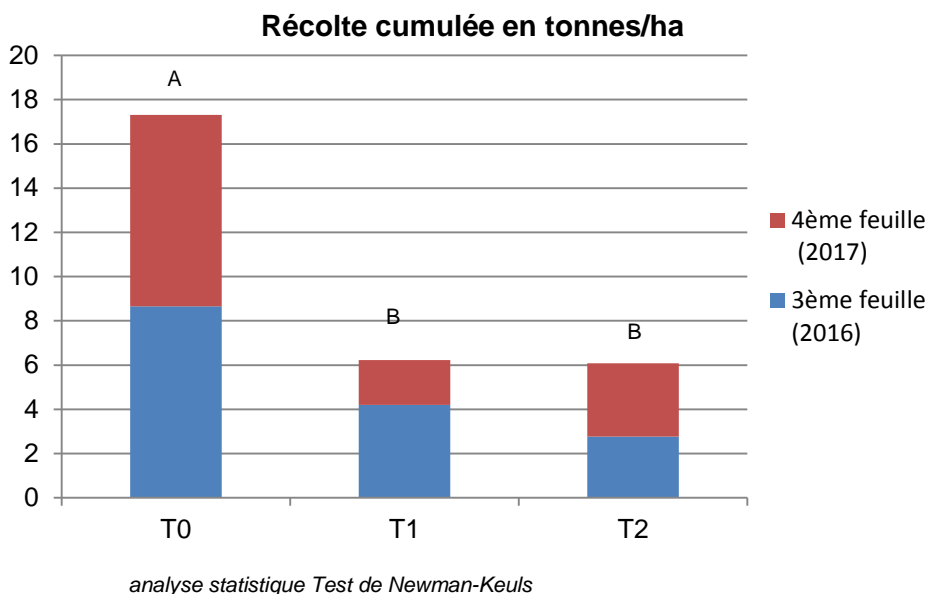
Floraison 2017 :

	T0	T1	T2
Indice moyen de floraison (1 à 5)	2,2	1,35	1,45

Les arbres enherbés n'ont quasiment pas de fleurs (indice 1 = pas de fleurs) alors que ceux de la modalité dés herbée ont une première floraison significative.

Ce déficit d'induction florale est la conséquence de la concurrence de l'enherbement sur la croissance des arbres.

Récolte 2017 :



Le niveau de charge des arbres désherbés est d'environ 8 t/ha en 2017 comme en 2016 ce qui s'explique par le gel printanier de 2017 qui a entraîné une destruction d'une partie des fleurs. Dans les mêmes conditions, le rendement est beaucoup plus faible sur les deux modalités enherbées :

- pâturin : 2 t/ha soit 1/4 du rendement de la modalité désherbée en 2017,
- féтуque ovine : 3,3 t/ha ; bien que cette charge soit un peu plus élevée que pour le pâturin, l'analyse statistique ne montre aucune différence avec le pâturin.

Commentaires

Les semis de pâturin et de féтуque ovine ont été très efficaces en termes de recouvrement en s'installant très rapidement et en limitant très efficacement les adventices y compris en 2017, 3^{ème} année de leur implantation.

La présence du campagnol n'est pas très importante sur cette parcelle. Le relevé de pièges montre un niveau de prise supérieur sur la modalité enherbée ainsi que de nombreuses galeries superficielles. L'enherbement a légèrement favorisé le campagnol mais sans entraîner de dégâts sur les arbres.

Concernant les arbres, l'ensemble de suivis réalisés en 2017 met en évidence un effet de concurrence des enherbements sur :

- l'alimentation en eau,
- l'alimentation azotée.

Au final, les conséquences agronomiques de cette concurrence sont :

- un gabarit inférieur des arbres enherbés : - 20 % pour la féтуque ovine et - 5 % pour le pâturin,
- un niveau de floraison moindre et une récolte fortement impactée avec un rendement cumulé de 6 t/ha pour les modalités enherbées contre 17 t/ha pour les arbres désherbés.

Globalement, l'effet concurrentiel semble plus important avec la féтуque ovine qu'avec le pâturin. Ceci est peut-être à mettre en relation avec des scions moins développés à la plantation et une concurrence qui semble un peu plus forte avec la féтуque ovine.

Sous action 2.2 : ajustement des apports de fertilisation et d'irrigation pour compenser l'effet concurrentiel d'un enherbement à la plantation

Contexte et état des connaissances

La présence d'un couvert herbacé les premières années d'un verger entraîne une concurrence pour les arbres. Comme cela a été montré dans le chapitre précédent, cette concurrence s'exerce principalement sur l'alimentation en eau et en azote.

L'hypothèse émise pour cet essai est que le renforcement de l'irrigation et de la fertilisation (avec un engrais biologique dans notre cas) pourrait compenser cette concurrence et donc constituer une solution pour installer l'enherbement dès la plantation et permettre ainsi de résoudre le problème de l'entretien du rang en jeune verger en conduite bio ou sans désherbant.

Un essai a donc été mis en place dans l'Eure en 2016 (essai initialement prévu en 2015 retardé en raison d'un problème de disponibilité des scions en pépinière) avec un semis de fétuque ovine couplé à une fertilisation simple ou doublée et une irrigation simple ou doublée et un témoin désherbé avec fertilisation et irrigation simples. L'espèce choisie est la fétuque ovine car diverses données montrent une moindre concurrence de cette espèce comparée au pâturin (sociétés de semences gazon et essais du Grab d'Avignon). En 2016, les premiers résultats ont montré une très bonne implantation de la fétuque ovine mais un niveau de reliquat azoté significativement plus faible dans le sol sous l'enherbement, y compris sur les blocs avec compensation.

Objectifs

Déterminer l'impact du renforcement de l'irrigation et de la fertilisation sur un entretien du rang par l'enherbement dès la plantation avec un semis de fétuque ovine.

Vérifier l'incidence sur les paramètres du sol et les paramètres agronomiques.

Partenaire

Société DLF France.

Parcelle

Lieu : Thevray (Eure).

Variétés : Judor.

Porte-greffe : M 106.

Distances de plantation : 5 m x 2 m.

Précédent : blé en conventionnel.

Année de plantation : hiver 2015-2016.

Dispositif

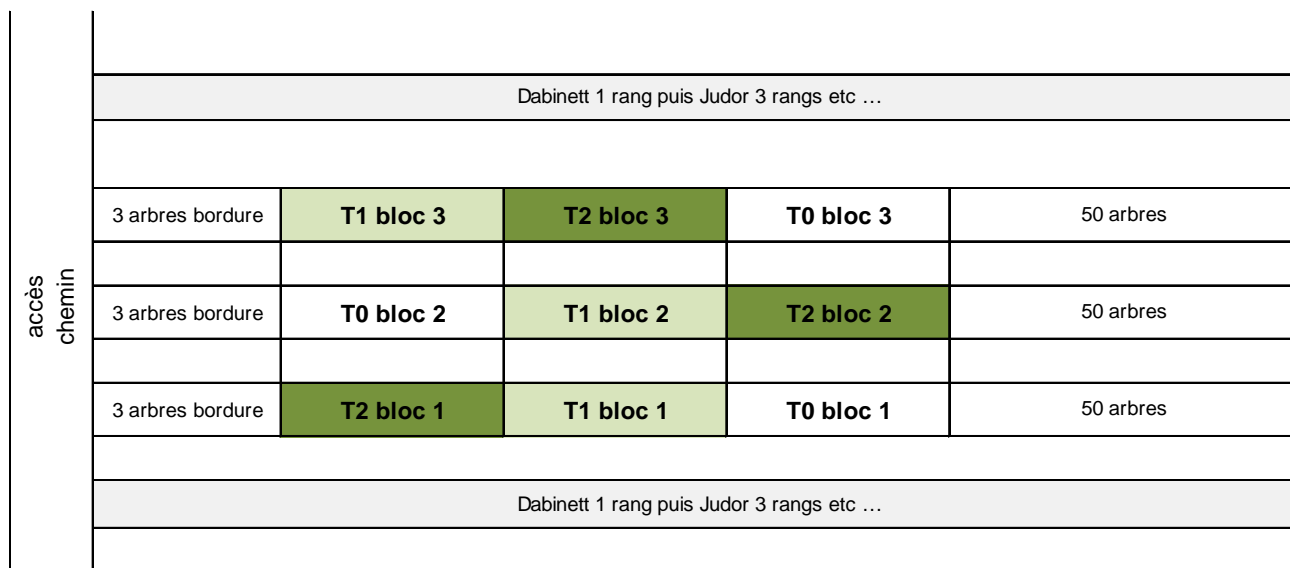
Essai en randomisation totale.

3 blocs de 10 arbres par modalité.

Modalités testées

- T0 : témoin désherbé chimiquement avec irrigation et fertilisation biologique standards.
- T1 : semis de fétuque ovine cv « Quattro » à 280 kg/ha en mai 2016 avec irrigation et fertilisation biologique standards.
- T2 : semis de fétuque ovine cv « Quattro » à 280 kg/ha en mai 2016 avec doublement de l'irrigation et de la fertilisation biologique.

Plan :



Interventions 2017 :

Intervention	T0	T1	T2
16/03/2017 : 1 ^{er} apport de Guano (10-6-2)	75 g/arbre localisé sur la ligne de plantation soit 25 unités d'azote/ha	75 g/arbre localisé sur la ligne de plantation soit 25 unités d'azote/ha	150 g/arbre localisé sur la ligne de plantation soit 50 unités d'azote/ha
30/05/2016 : 2 ^{ème} apport de Guano (10-6-2) le 15/06/2016	75 g/arbre localisé sur la ligne de plantation soit 25 unités d'azote	75 g/arbre localisé sur la ligne de plantation soit 25 unités d'azote	150 g/arbre localisé sur la ligne de plantation soit 50 unités d'azote

Irrigation au goutte à goutte :

- goutteurs de 2 l/h tous les 80 cm,
- doublage des goutteurs prévu sur la modalité T2 effectué le 9 mai 2017 en intercalant 1 goutteur à 40 cm,
- mise en route de l'irrigation le 29 mai 2017.

Modalité désherbée T0 : anti-germinatif en mars 2017 et foliaire fin mai 2017.

Observations

Circonférence des troncs.

Indices de floraison de 1 à 5 par arbre : 1 = pas de fleur, 2 = quelques fleurs, 3 = floraison moyenne, 4 = forte floraison, 5 = très forte floraison.

Analyse minérale de feuilles stade floraison + 65 j sur 10 feuilles/arbre sur 10 arbres.

Suivi tensiométrique : suivi de l'humidité du sol par tensiomètres à - 30 cm : 1 tensiomètre par placette disposé sur le rang dans la zone irriguée.

Reliquats azotés en sortie d'hiver et au stade F2 + 65 j.

Taux de recouvrement des couverts.

Campagnol : suivi des populations avec le piège Topsnap bien adapté au campagnol des champs présent dans notre région.

Résultats

Comportement de l'enherbement sur le rang :

Dates	Observations
20/10/2016	Recouvrement de 70 à 80 % selon les placettes Disparition progressive de la renouée persicaire Rotofil
09/05/2017	Recouvrement de 100 % sur toutes les placettes Rotofil le 15 juin 2017
24/08/2017 21/09/2017	Recouvrement de 100 % sur toutes les placettes Disparition des adventices

En 2016, le semis de fétuque ovine avait été réalisé dans de très bonnes conditions ce qui avait permis une levée rapide et dense. Par la suite, la forte présence de renouée persicaire avait été contenue efficacement par une tonte. Au final, le recouvrement fin 2016 était d'environ 70 à 80 %.

En 2017, la fétuque ovine a poursuivi son implantation pour atteindre 100 % de recouvrement, avec une disparition des adventices.

Suivi des populations de campagnols (*Microtus arvalis*) :

Les pièges Topsnap avaient été installés en juin 2016 après la levée des semis : 2 pièges dans la modalité enherbée T1 et 2 pièges dans la modalité désherbée T0.

Cumul du nombre de campagnols capturés

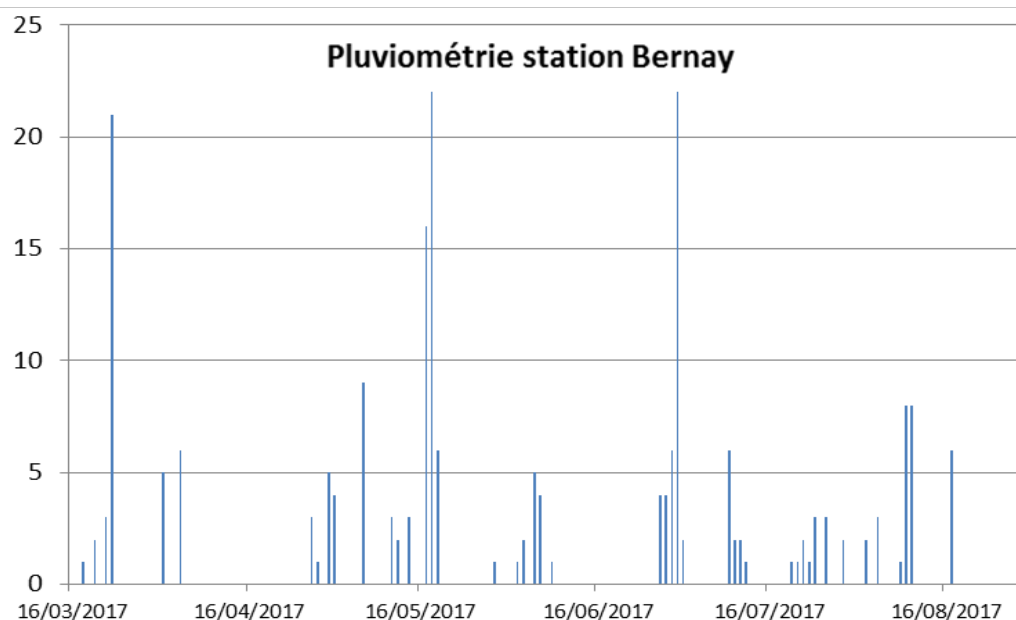
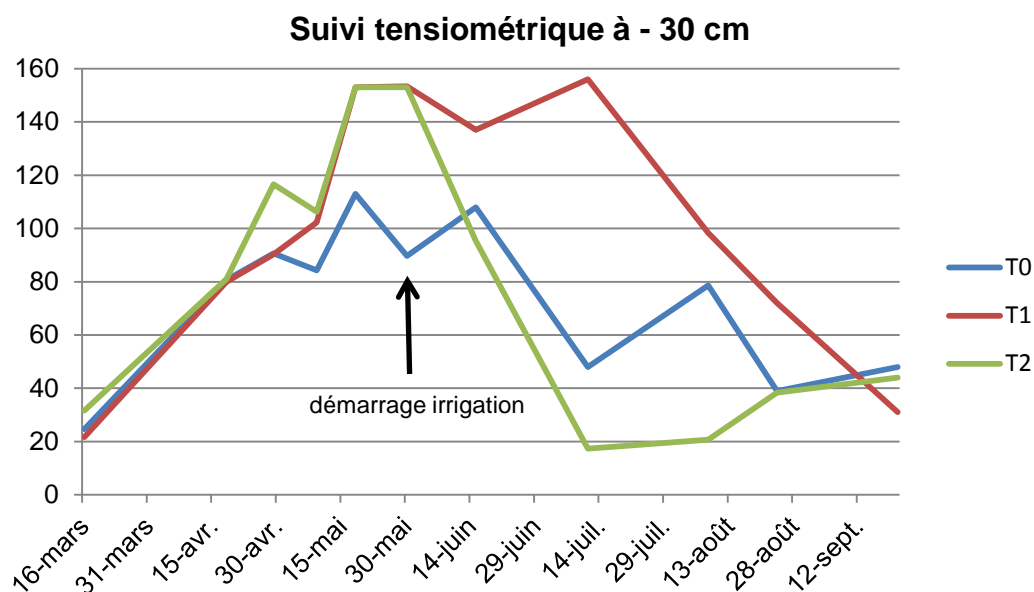
Date	T0	T1
Nombre total de campagnols capturés en 2016 sur 2 pièges	2	1
Nombre total de campagnols capturés en 2017 sur 2 pièges	7	5
Total	9	6

En 2017, la présence de campagnol est un peu plus importante qu'en 2016 mais les populations restent relativement faibles.

L'enherbement ne semble pas favoriser les campagnols, contrairement à ce qui est observé dans l'essai présenté dans chapitre précédent. Cela peut s'expliquer par un dispositif différent : ici le rang n'est pas enherbé en continu mais en placettes de 10 arbres alternant avec des placettes désherbées. Ce dispositif est sans doute un frein à la progression du campagnol sur le rang.

Suivi tensiométrique :

Le graphe ci-dessous représente une moyenne des 3 tensiomètres suivis par modalité.



Avant le démarrage de l'irrigation, les valeurs tensiométriques atteignent un pic mi mai qui est beaucoup plus élevé sur les modalités enherbées : environ 150 contre 100 au maximum pour le désherbé (T0).

Par la suite, l'irrigation et la pluviométrie entraînent une baisse des tensiomètres sauf dans la modalité T1 où les valeurs restent élevées jusqu'aux pluies de fin juin.

L'effet du doublement de l'irrigation est bien observé sur la modalité T2 avec une baisse des valeurs tensiométriques peu de temps après le démarrage de l'irrigation puis un maintien autour de valeurs correctes (entre 20 et 50). Ce n'est pas le cas de la modalité T1 sur laquelle l'irrigation n'est pas doublée : les valeurs restent trop élevées jusqu'à mi-juillet .

Le suivi tensiométrique met donc bien en évidence un fort effet de concurrence de la fétuque pour l'alimentation en eau ; le doublement de l'irrigation permet de compenser efficacement cette concurrence.

Azote dans le sol :

Modalité	Rappel 2016 : le 10/03/2016 (prélèvements effectués avant plantation)			Le 16/03/2017		
	NH4	NO3	Total NH4 + NO3	NH4	NO3	Total NH4 + NO3
T0	6	16	22	15,5	3,2	18,7
T1				4,8	5,2	10
T2				6,4	1,7	8,1

En 2016, la parcelle étant très homogène, le reliquat de sortie d'hiver avait été effectué sur l'ensemble de la parcelle avant la plantation des arbres. Les quantités d'azote disponibles dans le sol en début de saison étaient correctes.

En 2017, le prélèvement effectué mi-mars montre que les reliquats azotés dans le sol sont plus faibles dans les modalités enherbées T1 et T2 par rapport à la modalité déserbée T0 : la fétuque ovine exerce donc une concurrence pour l'alimentation en azote.

Analyses minérales de feuille : le 11/07/2017

	Unités	Modalités			« Normes » Pommes à cidre
		T0	T1	T2	
MS (matières sèches)	% brut	33,7	34,9	33	
MM (matières minérales)	% MS	7,2	6,4	7	
MO (matières organiques)	% MS	92,8	93,6	93	
MAT (matières azotées totales)	g/kg MS	154	85	94	
N (azote total)	% MS	2,5	1,4	1,5	2,3-2,5
P (phosphore total)	% MS	0,16	0,19	0,21	0,17-0,19
K (potassium total)	% MS	1,89	2,05	2,21	1,5-1,7
Mg (magnésium total)	% MS	0,2	0,14	0,16	0,2-0,37
Ca (calcium total)	% MS	1,06	0,81	0,85	1,2-1,4
Cu (cuivre total)	mg/kg MS	3,4	6,9	5,7	25-140
Zn (zinc total)	mg/kg MS	9,9	8,4	8,3	15-25
Mn (manganèse total)	mg/kg MS	34,4	31,2	30,8	25-140
Fe (fer total)	mg/kg MS	18,9	34,2	27,9	60-240
B (bore total)	mg/kg MS	21,9	35,3	27,3	25-40

Ces analyses montrent :

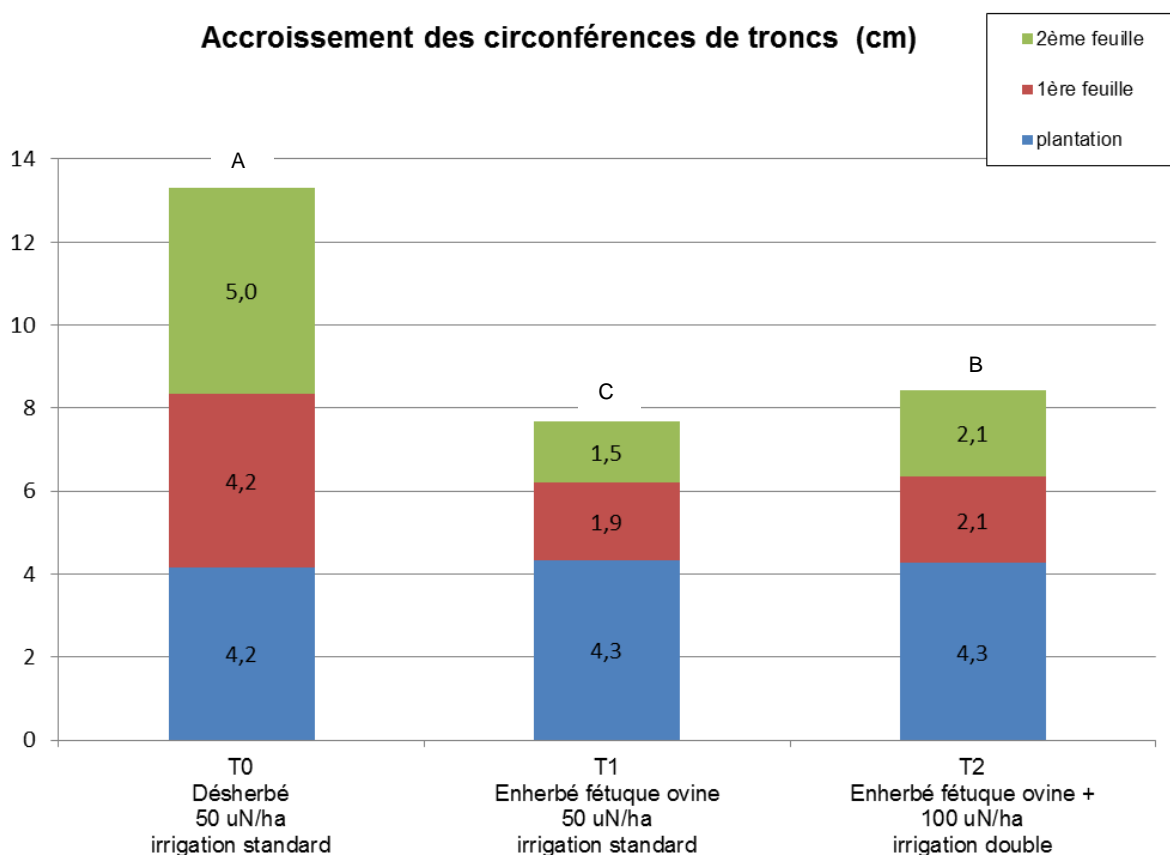
- 1) Sur les modalités enherbées T1 et T2 :
 - une carence azotée très nette,
 - un niveau de potasse un peu élevé et en conséquence une carence magnésienne (antagonisme K/Mg).
- 2) Sur toutes les modalités : des teneurs en zinc et fer trop faibles, à compenser par des apports foliaires.

Les teneurs minérales dans les feuilles montrent une forte carence azotée qui est la conséquence de la concurrence de la fétuque ovine sur le rang. Le doublement de la dose d'azote avec un engrai biologique à base de matières rapidement dégradables n'est pas suffisant pour compenser cette concurrence.

Floraison 2017 :

La floraison est nulle sur les arbres enherbés (indice = 1). Les arbres désherbés présentent quelques fleurs qui ont gelé par la suite.

Croissance 2017 :



analyse statistique : test de Newman-Keuls

La croissance est significativement plus faible sur les arbres enherbés en comparaison avec les arbres désherbés. Le doublement de l'irrigation et de la fertilisation permet d'améliorer légèrement la croissance mais de façon insuffisante par rapport au témoin désherbé T0.

Commentaires

Dans cet essai, la fétuque ovine a montré de très bonnes capacités de couvrir le sol : très bonne implantation, recouvrement rapide, très bonne efficacité vis-à-vis des adventices. En revanche, la concurrence de la fétuque avec les arbres est très importante avec une carence en azote et un stress hydrique des arbres qui ont des conséquences très marquées sur la croissance : - 42 % de croissance pour la modalité T1 en cumulé sur 2 ans en comparaison avec la modalité désherbée.

Le doublement de la fertilisation et de l'irrigation ne suffisent pas à compenser cet effet concurrentiel ; même si une légère amélioration est constatée sur la croissance en 2017, cela n'est pas suffisant : - 36 % de croissance en comparaison avec le témoin désherbé T0 en cumulé sur 2 ans.

L'effet de cette concurrence se manifeste de façon très visible sur la parcelle d'essai : les arbres enherbés sont d'un gabarit beaucoup plus faible et la couleur du feuillage vert clair dès le mois de juin est caractéristique d'arbres en état de stress.

Cet essai montre que le couvert permanent du rang dès la plantation avec la fétuque ovine n'est pas une solution compatible avec l'installation d'un verger même en doublant les apports d'eau et de fertilisation car, si l'enherbement se développe de façon tout à fait satisfaisante, les arbres sont trop fortement pénalisés au point que cela remet en question le devenir du verger. Il reste donc à trouver d'autres espèces qui pourraient s'installer en exerçant moins de concurrence.

Concernant les campagnols, leur présence est relativement faible sur cette parcelle ce qui peut être lié à la fois au précédent cultural (céréales) et au dispositif de l'essai avec une alternance des placettes enherbées et désherbées qui limite leur propagation sur le rang.

CONCLUSIONS DU PROGRAMME 2017

ACTION 1 : CONTROLE DES BIO-AGRESSEURS PAR DES METHODES ALTERNATIVES

Sous action 1.1 : contrôle de l'anthonome par des méthodes alternatives

Essais de nématodes entomopathogènes en conditions contrôlées

L'application des nématodes avec l'adjuvant Squad permet de réduire de 60 à 70 % la population de larves présentes dans les boutons floraux attaqués. Le produit Entonem (*Steinernema feltiae*) montre le meilleur résultat sur larves, comme dans l'essai réalisé en 2016.

L'essai a également été mené sur adultes car l'action sur larves ne permet pas d'éviter les dégâts sur l'année en cours. On constate une légère efficacité des nématodes sur les individus adultes mais l'interprétation de cet essai doit être nuancée du fait de la fuite des insectes avant le comptage.

Essais de nématodes entomopathogènes en vergers : 2 essais

Les 2 essais d'application de nématodes (Entonem) en vergers effectués en 2017 ont donné des résultats peu probants avec une efficacité très faible sur 1 essai et nulle sur l'autre essai. Néanmoins, des mortalités de larves d'anthonome dues aux nématodes ont été retrouvées dans 1 essai ce qui constitue une information très intéressante.

Sur l'essai où le Success 4 (Spinosad) était en comparaison, dans des conditions de pression de l'ordre de 15 à 20 % de bouquets atteints, l'efficacité a été de 100 % avec 1 seule application bien ciblée et raisonnée en fonction des stades, des frappages et des conditions météorologiques.

Sous action 1.2 : contrôle de l'hoplocampe par des méthodes alternatives

Essais de nématodes entomopathogènes en conditions contrôlées

Les essais de nématodes entomopathogènes réalisés en conditions contrôlées sur des larves diapausantes dans des cages contenant du sol reconstitué à l'IFPC ne permettent pas de conclure car aucun adulte et aucune larve n'ont été retrouvés lors des comptages effectués au printemps 2017. Ceci est sans doute lié à une mortalité des larves dans les caisses durant la période hivernale. Les essais prévus en 2017 n'ont pas pu être mis en place faute d'un nombre suffisant de larves diapausantes.

Sous action 1.3 : contrôle du puceron cendré par des méthodes alternatives

Essais d'efficacité du NeemAzal T/S : 3 essais

L'efficacité du NeemAzal T/S à 2l/ha a été variable selon les essais :

- Essai 1 : aucune efficacité du NeemAzal T/S à 2 l/ha en comparaison au témoin non traité, quel que soit le stade d'application (stade D ou stade E).
- Essai 2 : efficacité significative de l'application de NeemAzal T/S à 2 l/ha au stade D en comparaison avec celle au stade E avec la même dose. Le délai d'efficacité a été de 1 mois pour l'application au stade D, engendrant des dégâts tout à fait tolérables et de 45 jours pour l'application au stade E. Dans ce dernier cas, les dégâts étaient alors trop importants.
- Essai 3 : dans un contexte de pression en puceron beaucoup plus faible que sur les 2 autres essais, le NeemAzal T/S a permis de diminuer le nombre d'arbres attaqués mais pas le nombre de foyers par arbre. Le délai d'efficacité sur cet essai a été de 2 mois. Il n'y a aucune différence entre le traitement au stade D et celui au stade E.

En conclusion, pour garantir l'efficacité de ce produit, compte tenu de son délai d'action relativement long, un traitement au stade D semble préférable. Par ailleurs, on peut se poser la question de la dose efficace : dans ces essais, le choix avait été fait de tester une dose de 2 l/ha alors que la dose d'homologation dérogatoire est de 3 l/ha. Ce sous-dosage pourrait expliquer les problèmes de non efficacité et de délai d'action très longs observés dans les essais.

Essais de régulation par la faune auxiliaire : 3 essais

La régulation par la faune auxiliaire a été bien mise en évidence sur 1 essai. Dans cet essai, tous les comptages donnent des valeurs de l'indicateur comprises entre 0,01-0,03 < 0,075 (seuil proposé). Pour autant, la régulation a été efficace, ce qui semble montrer que la valeur seuil proposée est surévaluée.

Sur les deux autres essais, la présence d'auxiliaires a été beaucoup plus faible voire nulle en raison du manque de proies de pucerons et des conditions climatiques froides de fin avril 2017.

Le seul cas où cet indicateur indique une valeur supérieure (0,15) au seuil proposé (0,075) ne s'est pas traduit par une régulation ce qui, au contraire de l'essai précédent, indiquerait que le seuil proposé est sous-évalué.

Pour l'instant, il n'est donc pas possible de conclure sur la pertinence du calcul de l'indicateur de régulation et sur la valeur seuil proposée. Compte tenu de la complexité des régulations biologiques, cet indicateur doit être retravaillé sur un plus grand nombre de parcelles.

La régulation biologique peut donc tout à fait résoudre les problèmes de puceron cendré dans certains cas de vergers cidricoles comme cela a été montré dans l'essai 1. Pour autant la quantification d'une valeur seuil de l'indicateur de régulation reste à préciser.

Sous action 1.4 : contrôle du carpocapse par des méthodes alternatives

Pas d'essai en 2017.

Sous action 1.5 : contrôle de la tavelure par des méthodes alternatives

Essais « niveaux de Rim » : 2 essais

Les 2 essais réalisés avec la même variété Petit Jaune sensible à la tavelure dans des contextes initiaux d'inoculum faible montrent que, dans ce cas, un niveau d'intervention fixé à un RIM de 300 permet de protéger efficacement le verger contre la tavelure et de maintenir ce faible niveau d'inoculum.

L'objectif de définir des seuils de RIM selon la variété et l'inoculum est donc bien atteint pour le cas : variété sensible et inoculum faible (en gras ci-dessous dans tableau proposé initialement) :

Inoculum d'automne	Variétés peu sensibles			Variétés sensibles		
	Nul ou faible	Moyen	Fort	Nul ou faible	Moyen	Fort
Valeur de RIM	600 et +	400 et +	200 et +	300 et +	200 et +	100 et +
Commentaires	<i>à valider</i>	<i>à valider</i>	<i>à valider</i>	validé par les 2 essais 2017	<i>à valider</i>	<i>à valider</i>

Le relèvement du niveau de RIM à 500 expérimenté dans les 2 essais montre que, si cette stratégie permet d'économiser 2 traitements, elle entraîne une apparition de la tavelure dans le verger à un niveau faible sur 1 essai et trop important pour être contenu à terme sur l'autre essai. Cette stratégie est donc trop risquée et ne peut pas être préconisée.

Sous action 1.6 : contrôle du monilia sur fleur par des méthodes alternatives

Essais d'efficacité de produits biologiques en positionnement préventif et curatif : 2 essais

Sur les 2 essais effectués, dans des conditions de pression moyenne en monilieuse fleur, les traitements à base de cuivre et de soufre n'ont montré aucune efficacité en comparaison avec le témoin non traité. Nombre d'applications : 4 dans l'essai 1 et 6 dans l'essai 2 dont 4 centrées sur le pleine floraison. Doses : BB 1 à 2 kg/ha et soufre 5 à 6 kg/ha.

Le Curatio n'a pu être mis en œuvre que sur l'essai 1 en raison du gel printanier (effet éclaircissant) sur l'essai 2. Dans ce cas, les résultats semblent légèrement meilleurs en comparaison avec le témoin non traité. Nombre d'interventions avec le Curatio : 4 en complément de 2 interventions avec cuivre et soufre.

ACTION 2 : ALTERNATIVES AU DESHERBAGE CHIMIQUE

Sous action 2.1 : nouveaux couverts en alternative au désherbage chimique en jeune verger : 2 essais

Essai de différents couverts sur le rang : 1 essai

Comportement des couverts :

- Légumineuses :
 - le trèfle blanc nain est la seule légumineuse encore présente après 3 années d'essai,
 - le trèfle d'alexandrie n'a permis de couvrir le sol qu'en année 1 puisqu'il a ensuite gelé. Mais une restitution d'azote bénéfique pour le développement des arbres a pu être observée en année 2 suite à sa dégradation. Il ne s'est pas ressemé.
 - le trèfle souterrain ne s'est pas du tout implanté.
- Mulch : l'épaisseur de 15 cm mise après plantation a efficacement contenu les adventices pendant ces 3 premières années.
- Bâches :
 - la bâche biodégradable 30 microns limite efficacement les adventices mais elle est très peu dégradée, y compris sur les zones où elle est en contact avec le sol. Sa finesse entraîne des déchirures lors du passage du broyeur qui pourraient générer des problèmes avec la récolte mécanique en 3^{ème} feuille (ce paramètre n'a pas pu être appréhendé en raison du gel sur fleurs).
 - La bâche plastique 80 microns est intacte mais elle engendre des problèmes de réhumectation du sol (déjà observé dans d'autres essais) et devra donc être enlevée rapidement.

Incidences agronomiques :

Le mulch associé à la fiente mélangée (1,14 t/ha localisés sur le rang avec une largeur de 1,5 m) donne les meilleurs résultats sur la disponibilité en azote du sol et sur la croissance des arbres dès la 1^{ère} année et en cumulé sur les 3 ans.

Le trèfle blanc ne commence à restituer de l'azote qu'à partir de la 3^{ème} feuille lorsque les nodosités sont développées comme le montrent les reliquats azotés. La croissance est donc relativement faible en 1^{ère} feuille mais en 3^{ème} feuille c'est cette modalité qui a la croissance la plus forte.

Les bâches donnent les moins bons résultats avec moins d'azote disponible dans le sol, sans doute en raison de problèmes de sécheresse et des niveaux de croissance significativement inférieurs aux autres modalités.

Aucun lien n'a pu être établi entre le type de couvert et la pression en campagnol des champs.

L'incidence sur la récolte n'a pu être quantifiée en raison du gel sur fleur.

Essai de fétuque ovine sur le rang : 1 essai

Comportement des couverts :

Les semis de pâturin et de fétuque ovine se sont très bien implantés et développés. En 3^{ème} feuille, le taux de recouvrement est proche de 100 %.

Incidences agronomiques :

Les deux types d'enherbement ont provoqué une forte concurrence pour l'alimentation en eau et en azote des arbres qui a pour conséquence :

- une pénalisation de la croissance des arbres significative en comparaison avec le témoin désherbé :
 - 20 % avec la fétuque ovine et - 5 % avec le pâturin,
- des baisses de rendement : 6 t/ha en cumulé sur 2 ans pour les arbres enherbés contre 17 t/ha pour les arbres désherbés ; sans différence entre la fétuque et le pâturin.

L'enherbement a légèrement favorisé le campagnol des champs mais sans entraîner de dégâts sur les arbres.

Globalement, l'effet concurrentiel semble plus important avec la fétuque ovine qu'avec le pâturin. Ceci est peut-être à mettre en relation avec des scions moins développés à la plantation et une concurrence qui semble un peu plus forte avec la fétuque ovine.

Sous action 2.2 : ajustement des apports de fertilisation et d'irrigation pour compenser l'effet concurrentiel d'un enherbement à la plantation : 1 essai

La fétuque ovine semée à la plantation est une réussite en termes de recouvrement du sol mais c'est une technique à proscrire car la concurrence sur les arbres est beaucoup trop importante avec une croissance des arbres en cumul sur 2 ans de - 42 % sans doublement de la fertilisation et de l'irrigation et - 36 % avec doublement. Le doublement de la fertilisation et de l'irrigation ne permet donc pas de compenser cette concurrence même si on constate une légère amélioration.

Cet essai montre que le couvert permanent du rang dès la plantation avec la fétuque ovine n'est pas une solution compatible avec l'installation d'un verger car, si l'enherbement se développe de façon tout à fait satisfaisante, les arbres sont trop fortement pénalisés au point que cela remet en question le devenir du verger. Il reste donc à trouver d'autres espèces qui pourraient s'installer en exerçant moins de concurrence.

Concernant les campagnols, leur présence est relativement faible sur cette parcelle ce qui peut être lié à la fois au précédent cultural (céréales) et au dispositif de l'essai avec une alternance des placettes enherbées et désherbées qui limite leur propagation sur le rang.

**Techniques innovantes issues de l'agriculture
biologique en verger de pommes à cidre
INNO CIDRE AB**

SECONDE PARTIE : SUITES DU PROGRAMME

SYNTHESE ET PERSPECTIVES

CONTROLE DES BIO-AGRESSEURS PAR DES METHODES ALTERNATIVES

Contrôle de l'anthonome par des méthodes alternatives

Synthèse des résultats 2015-2017

Les essais avec l'hydroxyde de calcium (BNA) en barrière physique menés en 2015 et 2016 n'ont pas été concluants : forte variabilité des résultats, efficacité globalement insuffisante et problèmes de mise en œuvre du produit pour la pulvérisation. Il ne semble donc pas possible de baser une stratégie alternative vis-à-vis de l'anthonome sur ce produit.

Afin de rechercher d'autres alternatives, les nématodes entomopathogènes ont été testés en 2016 et 2017, en se basant sur la réussite de l'utilisation de nématodes contre le charançon du palmier, l'anthonome étant également un charançon. Les essais en conditions contrôlées en laboratoire à l'IFPC en 2016 et 2017 ont donné de bons résultats sur larves ; sur adultes le dispositif n'est pas suffisant pour conclure (trous dans la toile insect proof) et d'autres essais doivent être menés. Les essais 2017 en verger n'ont pas donné de bons résultats avec peu ou pas d'efficacité, cependant la présence de larves d'anthonome parasitées par les nématodes sur un site d'essai incite à poursuivre dans cette voie.

L'autre piste envisagée à savoir la mise au point d'un protocole d'essai de piégeage massif avec des attractifs comme cela est en cours sur anthonome du framboisier (Baroffio C., Agroscope, Suisse) a été abandonnée faute d'approvisionnement en phéromones par le centre de recherche HRI en Angleterre.

Suites de ce programme

L'année 2018 voit le retrait des substances néonicotinoïdes. En agriculture biologique, l'homologation dérogatoire du Spinosad ne peut constituer une solution à long terme. Il est donc primordial de poursuivre l'évaluation de l'efficacité des nématodes parasites en les testant de nouveau sur anthonomes adultes en conditions contrôlées mais aussi en conditions réelles au verger. Les essais seront menés dans le projet « Gestion agroécologique des bioagresseurs en verger de pommes à cidre et à jus » dans le cadre de l'appel à projet FranceAgriMer Expérimentation - Méthode et outils.

Perspectives

A ce jour, l'anthonome constitue un frein majeur au développement de surfaces de vergers cidricoles avec des intrants alternatifs. Les perspectives à moyen terme pour maîtriser ce ravageur par des solutions alternatives aux produits chimiques apparaissent relativement limitées au vu des résultats de ce programme mais doivent être néanmoins prospectées en raison de l'importance de ce ravageur dans notre contexte.

Contrôle de l'hoplocampe par des méthodes alternatives

Synthèse des résultats 2015-2017

Les essais 2015 en verger avec la quassine ont montré une très bonne efficacité. L'extrait testé issu de l'agroalimentaire a été plus fiable que l'extraction à la ferme pour laquelle on observait des teneurs en quassine très variables. L'efficacité du NeemAzal T/S a été insuffisante.

Les nématodes entomopathogènes pouvant avoir un rôle de prédation pendant la phase diapausante dans le sol, des essais ont été mis en place. Après des résultats difficilement interprétables des essais en verger en 2015, les nématodes ont été testés en conditions contrôlées à l'IFPC en 2016. L'efficacité n'a pas pu être quantifiée car aucune larve n'a survécu, y compris sur le témoin traité à l'eau ce qui pose le problème du dispositif pour ce bioagresseur.

Suites de ce programme

Concernant la quassine, les essais sont suffisamment concluants pour que cette technique puisse être vulgarisée. Mais la quassine doit être reconnue réglementairement comme substance de base ce qui n'est pas encore le cas pour le moment.

Les nématodes pourraient constituer une solution en complément d'autres techniques comme cela est pratiqué contre le carpocapse en conditions de forte pression pour contribuer à diminuer les populations.

Des essais seront donc à nouveau mis en place dans le projet « Gestion agroécologique des bioagresseurs en verger de pommes à cidre et à jus » dans le cadre de l'appel à projet FranceAgriMer Expérimentation - Méthode et outils.

Perspectives

Comme pour l'anthonome, l'hoplocampe est un ravageur clé dans notre contexte cidricole où il peut causer des dommages très importants et récurrents. Des solutions doivent être trouvées pour les vergers en agriculture biologique mais aussi pour les vergers « conventionnels » suite à l'interdiction des néonicotinoïdes en 2018. Les extraits de quassia constituent une alternative biologique prometteuse mais hélas impossible à mettre en pratique en verger tant que la quassine n'aura pas le statut de substance de base reconnu par l'UE.

Contrôle du puceron cendré par des méthodes alternatives

Synthèse des résultats 2015-2017

Les essais ont permis de préciser les conditions d'efficacité du NeemAzal T/S dans notre contexte cidricole :

- la dose de 1 l/ha est insuffisante,
- L'intervention après floraison sur fondatrices à la dose de 2 l/ha est insuffisante.
- Le délai d'action du produit est de 1 mois voire plus à la dose de 2 l/ha ; de fait l'application anticipée au stade D est plus efficace que l'application au stade bouton roses (E).
- Sur plusieurs essais, 1 application de NeemAzal à 2 l/ha au stade D ou au stade E n'a pas suffi à contenir le développement des colonies avec des fortes pressions sur des variétés sensibles (pommes de table). Cela pourrait s'expliquer par la dose utilisée de 2 l/ha qui est inférieure à la dose d'homologation de 3 l/ha.

Concernant la régulation par la faune auxiliaire, sur l'ensemble des 9 essais réalisés sur 3 ans, elle a été observée sur seulement 3 essais. La quantification d'un indicateur de régulation selon les auxiliaires présents dans les foyers avec une valeur seuil « prédictive » de la régulation donne des résultats peu convergents qui ne permettent pas de valider le mode de calcul de l'indicateur ni la valeur seuil de 0,075 proposée.

Dans la majorité des essais, la régulation n'a pas été suffisante et les dégâts de puceron ont été importants. Les conditions climatiques froides peuvent parfois expliquer le manque de régulation observé sur certains essais, comme en 2016 (printemps froid). Mais dans d'autres cas, l'explication n'est pas évidente. Dans des cas plus rares, la pression en puceron était trop faible pour attirer les auxiliaires.

Suites de ce programme

Le contrôle du puceron cendré par un produit alternatif, le NeemAzal T/S a été validé par les essais de ce programme. Cela ne nécessite donc plus de mener des expérimentations mais il reste à affiner les stratégies d'intervention sur un panel plus large de vergers. Cette action sera menée dans le cadre d'un groupe d'agriculteurs réunis autour de l'emploi de techniques alternatives et bios (groupe Ecophyto 30000) de 2018 à 2021.

Concernant les auxiliaires, compte tenu de nos résultats, il semble difficile de baser une stratégie sur une régulation entièrement naturelle. Par ailleurs, l'indicateur travaillé dans ce programme doit être précisé. C'est un des éléments de suivi de la biodiversité qui est proposé dans le projet « Gestion agroécologique des bioagresseurs en verger de pommes à cidre et à jus » dans le cadre de l'appel à projet FranceAgriMer Expérimentation - Méthode et outils.

Perspectives

L'homologation à terme du NeemAzal T/S devrait permettre une meilleure maîtrise du puceron cendré en verger cidricole où ce ravageur peut constituer un réel problème surtout dans un contexte de développement des surfaces de vergers avec des variétés à jus plus sensibles au puceron. Il pourrait également représenter une alternative bienvenue aux produits de synthèse dont certains ont une toxicité sur auxiliaires non négligeable. Mais l'homologation du NeemAzal T/S sur puceron cendré du pommier n'est pas encore d'actualité (AMM dérogatoire de 120 j en 2017).

Contrôle du carpocapse par des méthodes alternatives

Synthèse des résultats 2015-2017

En 2015, l'essai de sucre à infra-dose n'avait montré aucune efficacité dans des conditions de pression relativement faible. Aucun essai n'a été mené en 2016 et 2017 en raison de la difficulté à mettre en évidence une efficacité du sucre (essai 2015 et essais antérieurs de l'IFPC).

Suites de ce programme

L'utilisation de sucre à infra-dose vis-à-vis du carpocapse fait partie des techniques alternatives qui seront mises en œuvre à plus grande échelle dans le cadre du groupe Ecophyto 30000 sur les techniques alternatives mentionné ci-dessus.

Perspectives

Pour la filière cidricole, le carpocapse reste un ravageur important dans la mesure où les dégâts de cet insecte dégradent la capacité des fruits à se conserver, entraînent des pertes de fruits voire constituent un risque élevé vis-à-vis de la patuline. Dans notre contexte ; avec 2 à 3 interventions par an, le virus de la granulose reste une très bonne alternative aux insecticides chimiques avec un risque de contournement très faible compte tenu du nombre d'interventions.

Contrôle de la tavelure par des méthodes alternatives

Synthèse des résultats 2015-2017

Les essais de broyage de feuilles en période hivernale pour réduire le stock d'ascospores ont été finalisés dans ce programme en 2015. Au terme de 8 années d'essai, l'écart constaté sur la présence de tavelure est systématiquement en faveur du broyage mais cet écart reste modeste dans notre contexte cidricole (environ 15 % de pousses tavelées en moins). Par ailleurs, ces essais ont permis de mettre évidence la possibilité de réduire le nombre de traitements, avec ponctuellement des impasses totales, grâce au suivi précis (quantification) de l'inoculum à l'automne.

Les essais d'application de produits biologiques « en stop » menés en 2015 et 2016 ont donné de bons résultats pour le Curatio avec une bonne efficacité dans le cas d'interventions dans les 320 degrés-heure après le début de la contamination. Le bicarbonate de potassium, initialement prévu dans nos essais, n'a jamais pu être positionné pour des raisons climatiques (lessivage).

Concernant le modèle RIMpro introduit en 2015, les essais ont montré :

- en 2015 : une bonne corrélation entre la valeur de RIM et le niveau de contamination donné par le modèle Melchior en fonctionnement dans la région depuis plusieurs années,
- en 2016 : les premiers essais de détermination de la valeur du RIM montrent qu'un RIM de 400 est discriminant sur une variété sensible (Douce Moën) en conditions d'inoculum faible à moyen,
- en 2017 : les 2 essais réalisés sur Petit Jaune en condition d'inoculum faible montrent que :
 - o le niveau de RIM de 300 est correct,
 - o le niveau de RIM de 500 est discriminant avec apparition de la tavelure dans des proportions plus ou moins tolérables selon l'essai.

Suites de ce programme

L'emploi de produits biologiques sur tavelure ayant été bien quantifié dans ce programme, le transfert vers les producteurs a démarré dès 2018 avec l'introduction de ces produits dans les itinéraires techniques à plus grande échelle notamment dans le cadre du groupe Ecophyto 30000 sur les techniques alternatives mentionné ci-dessus.

La quantification du niveau de Rim doit être finalisée pour aboutir à un tableau de raisonnement des risques complet pour les producteurs. Il reste encore de nombreux cas à préciser avec inoculum et sensibilité combinés ce qui nécessite une étude sur un nombre plus important de parcelles. Ce travail sera mené dans le cadre d'un groupe Ecophyto 30000 spécifique « tavelure en verger » de 2018 à 2020 à raison de 10 à 12 parcelles par an.

La technique du broyage de feuilles, n'est pas très utilisée car compliquée à mettre en œuvre dans le contexte du verger cidricole (récolte tardive, outils spécifiques et organisation de chantier, conditions météo ne permettant pas toujours les passages mécanisés...). Cette technique est plutôt réservée à des cas de parcelles avec des échecs de protection ayant entraîné un développement important de la tavelure pour limiter l'inoculum pour l'année suivante.

Perspectives

La tavelure est une des préoccupations majeures pour les producteurs de pomme à cidre. Suite aux essais de ce programme, la faisabilité d'un itinéraire technique basé sur des produits biologiques s'appuyant sur la modalisation type RIMpro apparaît maintenant comme une réalité à laquelle de plus en plus de producteurs adhèrent même s'ils ne sont pas en AB. Le positionnement des produits reste en revanche délicat avec des fenêtres d'intervention beaucoup plus étroites qu'avec les produits conventionnels.

Cela représente une avancée certaine pour la filière. A terme, d'autres produits biologiques pourraient venir compléter ou remplacer les produits utilisés : stimulateurs de défense des plantes, extraits végétaux, etc.

Contrôle du monilia sur fleurs par des méthodes alternatives

Synthèse des résultats 2015-2017

Au terme de plusieurs années d'essais, les résultats montrent que :

- les produits biologiques sont insuffisants sur variété sensible (Judaine) sur des parcelles avec très fort inoculum,
- l'ajout de Curatio « en stop » en complément de l'utilisation de cuivre et soufre a apporté une légère amélioration sur 2 essais en 2016 et 2017,
- utilisé dans les mêmes conditions que le Curatio, le bicarbonate de potassium n'a montré aucune efficacité sur 1 essai.

Suites de ce programme

La moniliose sur fleur est un réel problème sur certaines parcelles. Les résultats de ce programme ne permettent pas de conclure réellement sur l'efficacité des produits biologiques sur ce bioagresseur ; même si certaines tendances se dessinent, elles doivent être précisées par de nouveaux essais qui seront mis en place dans le projet « Gestion agroécologique des bioagresseurs en verger de pommes à cidre et à jus » dans le cadre de l'appel à projet FranceAgriMer Expérimentation - Méthode et outils.

Perspectives

Cette maladie doit constituer un point de vigilance particulier dans le cadre d'une conversion en agriculture biologique et/ou de la conduite de verger alternative afin d'éviter l'apparition de gros dégâts. Certaines variétés trop sensibles sont à éviter dans un contexte de verger alternatif.

ALTERNATIVES AU DESHERBAGE CHIMIQUE

Nouveaux couverts en alternative au désherbage chimique en jeune verger

Synthèse des résultats 2015-2017

Les dernières conclusions d'un essai démarré en 2009 ont été tirées dans ce programme en 2015, mettant en évidence 1). la concurrence d'un semis de pâturin à la plantation 2). l'effet positif des mulchs d'anas de lin ou d'écorces avec la limite du coût élevé et des problèmes de mise en œuvre 3). l'intérêt de la bâche tissée à condition de pouvoir l'entretenir pour éviter son salissement.

En 2015, 2 nouveaux essais ont été mis en place avec de nouveaux couverts. Ils montrent que :

- le mulch mélangé avec de la fiente de poule a donné les meilleurs résultats agronomiques.
- L'enherbement avec des légumineuses est assez difficile à réaliser : sur les 3 espèces semées, seul le trèfle blanc est encore présent en 3^{ème} année. L'effet d'apport d'azote ne s'est manifesté qu'à partir de fin de la 2^{ème} feuille mais ensuite l'effet sur la croissance des arbres a été très positif en 3^{ème} feuille.

- la bâche biodégradable est encore très peu dégradée en 3^{ème} feuille ce qui pourrait entraîner des problèmes pour la récolte mécanique.
- La fétuque ovine a montré un très bon taux de recouvrement dès la 1^{ère} année et s'est ensuite très bien installée ; elle semble plus concurrentielle que le pâturin mais cela peut être lié à un gabarit un peu inférieur des arbres à la plantation.

Suites de ce programme

Arrêt des essais fin 2017 et diffusion des résultats (voir ci-dessous).

Perspectives

Les solutions alternatives au désherbage chimique en jeune verger cidricole sont encore peu nombreuses. À la lumière des résultats des essais de ce programme, certains producteurs utilisent la technique du mulch mélangé avec de la fiente de poule ou un autre engrais organique à minéralisation rapide. Mais les inconvénients de mise en œuvre et les coûts limitent le développement de cette technique sur des grandes surfaces. Les autres techniques testées dans les essais ne sont pas passées dans les pratiques car elles n'ont pas fait leurs preuves : bâche biodégradable, légumineuses, semis de fétuque ovine ou de pâturin.

Ajustement des apports de fertilisation et d'irrigation pour compenser l'effet concurrentiel d'un enherbement à la plantation

Synthèse des résultats 2015-2017

L'implantation d'une fétuque ovine sur le rang au printemps 2016 après plantation a exercé une forte concurrence pour l'eau et l'azote. Le doublement de la fertilisation organique permet de limiter partiellement la carence azotée dans les feuilles mais n'a pas d'impact sur la croissance, sans doute à cause du manque d'eau.

Suites de ce programme

Arrêt des essais fin 2017 et diffusion des résultats (voir ci-dessous).

Perspectives

L'enherbement dès la plantation serait une solution optimale car relativement facile à implanter, pérenne et facilitant la récolte au sol à l'âge adulte. Cependant, il reste à trouver des espèces moins concurrentes.

SYNTHESE ET PERSPECTIVES GENERALES

D'après les résultats de ce programme, il existe des techniques et des produits alternatifs qui permettent d'envisager une réduction des intrants de synthèse et de proposer des solutions pour la conduite de vergers en agriculture biologique.

Le problème auquel on se heurte dans la pratique est le manque d'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) concernant ces produits et la complexité des dossiers pour les obtenir. Depuis quelques années, des dérogations permettent de pallier en partie ce problème mais ce n'est pas suffisant et cela freine beaucoup leur adoption par les producteurs dans leurs pratiques.

La dynamique engendrée par ce programme permet un travail en partenariat avec l'ensemble des structures impliquées dans la filière cidricole et les groupements d'agriculteurs biologiques avec un fonctionnement optimal qui rend possible l'intégration des techniques innovantes, du stade de la recherche jusqu'aux exploitations agricoles.

L'adéquation de ce programme avec les attentes sur le terrain est sensible : l'intégration dans les itinéraires des producteurs, de techniques innovantes (virus de la granulose, soufre, cuivre, bouillie sulfo-calcique, mulch en jeunes vergers) le démontre. Par ailleurs, la conversion de nouveaux vergers en AB atteste de la motivation des producteurs et de la filière pour ce mode de production. Néanmoins les solutions alternatives au désherbage chimique ne sont pas entièrement satisfaisantes et il reste des verrous techniques à lever.

La filière cidricole est engagée depuis plusieurs années dans une recherche de méthodes de production visant à réduire les intrants comme l'attestent ce programme et le projet « Verger cidricole de demain » coordonné par l'IFPC.

Cet engagement de la filière se trouve conforté d'année en année avec une demande en pommes de transformation en agriculture biologique qui connaît une progression sans précédent et une réelle attente des producteurs et des opérateurs de la filière, y compris les plus importants, pour des techniques de production et des produits (cidres, jus, etc.) plus naturels. Une réflexion est donc en cours pour contribuer à la mise en œuvre de l'agroécologie en vergers de pommiers à cidre et à jus et proposer des systèmes de production plus durables. Dans cette perspective, le projet « Gestion agroécologique des bioagresseurs en verger de pommes à cidre et à jus : biocontrôle et conduite innovante de l'enherbement » a été proposé à l'appel à projet FranceAgriMer Expérimentation - Méthode et outils en 2018. Il vise à travailler sur des solutions de biocontrôle adaptées au contexte cidricole et sur l'équilibre global du système verger et sa résilience avec la gestion de l'enherbement au centre du système verger.

DIFFUSION ET VALORISATION

Contexte

Le partenariat entre Institut Technique, organismes de développement et groupements d'agriculteurs biologiques qui représentent l'ensemble de la filière cidricole, est un atout pour la diversité des possibilités de valorisation du programme. La réalisation de différentes actions dans des parcelles de producteurs constitue également un atout majeur pour la valorisation des résultats.

Les méthodes de valorisation sont à la fois tournées vers le développement et les préconisations aux producteurs et vers des actions à caractère plus scientifique et technique, permettant d'échanger et de collaborer avec de nouveaux partenaires, et de maintenir ainsi la veille technique qui, en ricochet, retourne aux producteurs.

Actions de diffusion (présentation chronologique)

Les actions de diffusion sont détaillées ci-dessous.

- Compte rendu annuel écrit du projet diffusé aux producteurs impliqués dans les essais et aux partenaires : environ 100 exemplaires.
- Mise en ligne sur les sites des Chambres d'agriculture de Normandie de tous les documents de diffusion : articles, compte rendu annuel. A retrouver sur le lien : <http://seine-maritime.chambres-agriculture.fr/cultures/arboriculture-fruitiere/pomme-a-cidre-et-a-jus/>
- Mise en ligne sur le portail « EcophytoPIC » du rapport annuel du programme INNO CIDRE AB.
- Journée technique sur la conversion de vergers cidricoles en AB le 21 mars 2017 à Saint Quentin des Prés : visite d'un verger de 55 ha en bio ou en conversion bio, échanges sur les pratiques, la gestion des bioagresseurs, l'entretien du rang, etc. Cette journée était organisée par la CRAN et les partenaires du programme « InnocidreAB », l'FPC et Agribio Normandie. L'ensemble des arboriculteurs cidricoles de Normandie, Bretagne et Pays de Loire y a été convié; ainsi que les étudiants, formateurs, journalistes, prescripteurs, conseillers techniques spécialisés en arboriculture fruitière régionaux (toutes OPA confondues). Elle a rassemblé près de 40 participants et les retours à l'issue de cette journée technique ont été très positifs. Lors de cette journée technique, les échanges entre producteurs ont été riches d'enseignements. Les personnes qui étaient potentiellement intéressées pour convertir leur verger cidricole en AB sont reparties avec l'essentiel des informations techniques leur permettant de mûrir leur réflexion.
- Fiches techniques ITAB « Anthonome du pommier en AB » et « Hoplocampe du pommier en AB » : contribution à la rédaction. Parution en mars 2017.
- Compte rendu « Forêt comestible de la Ferme du Bec Hellouin – rapport d'implantation » et « Peut-on vivre d'une forêt-jardin ? - rapport technico-économique » : contribution aux études et à la rédaction. Parution mars 2017.
- Poster élaboré pour la Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture en octobre 2017 : Lutte biologique contre l'anthonome du pommier à l'aide de nématodes auxiliaires.
- Journée sur l'entretien du rang en jeune verger le 29 mars 2018 à Plainville (Eure) organisée par la CRAN. Restitution des résultats des essais du programme INNO CIDRE AB sous forme de panneaux. Cette journée a rassemblé près de 120 participants, essentiellement des producteurs.. Edition d'une fiche sur les résultats du programme INNO CIDRE AB et distribution à tous les participants.
- Fax techniques pour les adhérents du SVPC : environ 30 messages d'avertissement/an pour chaque groupe d'adhérents en 2017. Environ 300 destinataires producteurs. Intégration des méthodes alternatives travaillées dans le programme INNO CIDRE AB aux avertissements.
- Article sur les alternatives au désherbage en verger cidricole basse-tige. Guide technique CRAN. Février 2018. Public : 300 producteurs adhérents CRAN.
- Réunions pour les producteurs en AB et les producteurs conventionnels intéressés. Public : producteurs adhérents SVPC :
 - réunion hivernales : 3 réunions. Bilan de saison, diffusion des résultats d'essais et transferts possibles en verger, commande des intrants, remise de documents techniques aux participants. Public : environ 75 producteurs.
 - Réunions de terrain en saison spécifiques sur la pratique de l'AB en verger cidricole et les techniques alternatives : tour de verger : 3 réunions. Discussion sur les pratiques du producteur (sanitaire, fertilisation, entretien du rang). Public : environ 75 producteurs.

Participation aux colloques et réunions

L'ensemble des partenaires du programme participe au mieux aux différents colloques et réunions sur les thématiques travaillées dans le programme afin de suivre les dernières innovations en matière de techniques alternatives.

- Groupe technique bio La Morinière 10 janvier 2017 : présentation orale des résultats des essais du programme INNO CIDRE AB sur anthonome et hoplocampe et échanges. Public : 30 producteurs et techniciens en majorité en pomme de table.
- Entretiens cidricoles au SIVAL à Angers le 19 janvier 2017 : présentation des résultats des essais du programme INNO CIDRE AB. Le biocontrôle : état des lieux des solutions existantes et recherches en cours en cidriculture. Public : 115 producteurs, membres de la filière cidricole et techniciens.
- Groupe Inra « Vergers plus durable » du 30 janvier au 2 février à Toulouse. Communication orale et échanges sur les résultats INNO CIDRE AB. Public : 15 chercheurs, techniciens et producteurs.
- Groupe National tavelure à la station cidricole de Sées les 31 janvier 1^{er} février 2017. Présentation des résultats du programme INNO CIDRE AB sur la tavelure.
- Rencontre technique fruits bio CTIFL/ITAB le 9 mars 2017 au centre Ctifl de Lanxade.
- Travail sur les produits alternatifs et élaboration de dispositifs d'essais avec Koppert et Andermatt France.
- Présentation d'un poster sur l'utilisation de nématodes entomopathogènes sur l'anthonome du pommier en pommier à cidre. Colloque CIRA Montpellier, 24 au 26 octobre 2017.
- Participation au projet « Forêt comestible de la Ferme du Bec Hellouin – rapport d'implantation » et « Peut-on vivre d'une forêt-jardin ? - rapport technique-économique » Parution mars 2017.
- Réunion Production Fruitière Intégrée à Saint Epain (37) 27 et 28 et novembre 2017.
- Champs d'innovation le 1^{er} décembre 2017 à Caen. le Forum Champs d'Innovation constitue une action phare du contrat d'objectifs avec la Région Normandie afin d'amplifier le transfert de solutions vers le plus grand nombre d'exploitations normandes. Présentation des résultats du programme INNO CIDRE AB. Public : 190 participants.
- Groupe Production Fruitière Intégrée cidre. Organisation IFPC. Participation de tous les techniciens du SVPC et de l'IFPC le 5 décembre 2017 à Sées. Présentation des résultats d'essais du programme INNO CIDRE AB sur l'utilisation de nématodes entomopathogènes sur l'anthonome du pommier.
- Groupe National éclaircissage à Obernai les 6 et 7 décembre 2017.
- Soutien aux dossiers de demandes de dérogation avec l'ITAB : Success 4 sur anthonome, NeemAzal T/S sur puceron cendré et Curatio sur tavelure.
- Groupe Thématique Cidricole organisé par la CRAN à Caen le 12 janvier 2018. Présentation des principaux résultats 2017 du programme INNO CIDRE AB. Public : l'ensemble des partenaires et des élus de la filière cidricole en Normandie.

Actions de formation

- Enseignement agricole : diffusion des résultats de ce programme auprès d'UniLaSalle Rouen <https://www.unilasalle.fr/> et Hortithèque www.hortitheque.com/. Public : étudiants.
- Normandie: formations sur la conduite de vergers en agriculture biologique :
 - 3 jours pour Association Bio Normandie : « Conduite d'un verger en AB ». Public : 15 producteurs ou porteurs de projets.
 - 1 jour pour Agribio Picardie : « Conception d'un verger en AB »: Public : 25 producteurs ou porteurs de projets.
 - 1 jour pour la Groupement des producteurs bios d'Ile de France : « Innovations en verger biologique ». Public : 20 producteurs ou porteurs de projets.
 - 1 jour pour la Coopérative les Celliers associés : « alternatives au désherbage chimique » Public : 30 producteurs.

Voyage d'étude

Du 28 au 30 août 2017 : visite de vergers conduits en AB dans le Val de Loire. Public : 13 producteurs en pomme à cidre et en pomme de table adhérents de la CRAN.

NB : les moyens consacrés à la diffusion et à la valorisation des résultats ne font pas l'objet de sollicitation financière sur ce programme auprès de FranceAgriMer.