

ECOPAD : LA VOIE VERS L'AGRO-ÉCOLOGIE

Plateforme de collaboration
transfrontalière pour le maraîchage
et les légumes d'industrie

POCHETTE DE FICHES TECHNIQUES

Réalisée dans le cadre du programme transfrontalier Interreg V France/Wallonie/Flandre, avec le soutien du Fonds Européen de Développement Régional, de la Région Hauts-de-France, de la Wallonie et de la Province de Flandre Orientale et Occidentale.



PARTENAIRES



Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen vzw (PCG)

Karreweg 6, B-9770 Kruishoutem, Belgique

Tél : 0032(0)9 381 86 86

Site internet : www.pcgroenteteelt.be | Courriel : pcg@pcgroenteteelt.be



Inagro vzw

Ieperseweg 87, B-8800 Rumbeke-Beitem, Belgique

Tél : 0032(0)51 27 3200

Site internet : www.inagro.be | Courriel : info@inagro.be



Centre pour l'Agronomie et l'Agro-industrie de la Province de Hainaut (Carah)

Rue de l'agriculture 301, B-7800 Ath, Belgique

Tél : 0032(0)68 26 46 50

Site internet : www.carah.be | Courriel : info@carah.be



FREDON Hauts-de-France

Sites de Loos-en-Gohelle :

21 et 265, rue Becquerel
62750 Loos-en-Gohelle, France

Tél : 0033(0)3 21 08 62 90

Site d'Amiens :

19 bis, rue Alexandre Dumas
80096 Amiens Cedex 3, France

Tél : 0033(0)3 22 33 67 10

Site internet : www.fredon.fr/hauts-de-france | Courriel : fredon@fredon-hdf.fr



Interprofession des légumes en conserve & surgelés (Unilet)

45, Avenue Paul Claudel, 80480 Dury, France

Tél : 0033(0)3 22 45 41 09

Site internet : www.unilet.fr | Courriel : dury@unilet.fr



Chambre d'Agriculture interdepartementale Nord Pas-de-Calais

Cité de l'agriculture, 56 avenue Roger Salengro, 62223 Saint Laurent Blangy, France

Tél : 0033(0)3 21 60 57 57

Site internet : www.agriculture-npdc.fr | Courriel : contact@npdc.chambagri.fr



Pôle Légumes Région Nord

209, route d'Estaires, 62840 Lorgies, France

Tél : 0033(0)3 21 52 83 99

Site internet : www.agriculture-npdc.fr | Courriel : plrn@wanadoo.fr

INTRODUCTION

Les consommateurs et les politiques sont de plus en plus demandeurs d'une réduction des produits phytopharmaceutiques en particulier sur des produits comme les fruits et légumes, symboles de santé et de fraîcheur. En parallèle, les distributeurs demandent une qualité irréprochable. Combiner ces deux exigences n'est pas évident. Les organismes de recherche et de développement doivent donc se mobiliser pour renforcer les travaux d'expérimentation et répondre aux besoins techniques des producteurs.

Le projet « ECOPAD : La voie vers l'agro-écologie : plateforme de collaboration transfrontalière pour le maraîchage et les légumes d'industrie » est le résultat d'une collaboration entre 7 partenaires complémentaires : FREDON Hauts-de-France, le PLRN (Pôle légumes Région Nord), la CAR (Chambre d'Agriculture de Région Nord Pas-de-Calais), l'UNILET (Interprofession des légumes en conserve & surgelés), le CARAH (Centre pour l'Agronomie et l'Agro-industrie de la Province de Hainaut), l'INAGRO et

le PCG (Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen).

L'approche agro-écologique du projet ECOPAD a été développée en cinq modules. Les deux premiers modules sont nécessaires au bon déroulement du programme : il s'agit de la gestion du projet et des activités de communication. Dans chacun des autres modules les trois principes majeurs de la protection intégrée (PI) des cultures ont été étudiés. Il s'agit de la prévention, l'observation et la lutte :

MÉTHODES DE PRÉVENTION

Développer de nouvelles références et des techniques innovantes comme l'intercropping, la gestion des déchets, évaluer l'intérêt d'espèces végétales introduites dans les espaces agricoles pour favoriser la biodiversité, identifier des tolérances ou résistances variétales...

OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

Développer des méthodes de détection des ravageurs (par exemple la mouche mineuse des alliacées, les chenilles sur choux, la drosophile sur fraisier, le *Phytophthora cryptogea* en endive) et valider des modèles de prévision des risques (par exemple l'alternariose sur carotte, le mildiou sur oignon).

OUTILS DE LUTTE DIRECTE

Identifier et évaluer des méthodes de lutte physique, de substances naturelles et d'agents biologiques (contre la drosophile, les chenilles sur choux et la mouche mineuse des alliacées).

L'efficacité de ces différentes techniques a été testée en laboratoire et/ou sur le terrain, avec pour objectif de faciliter la diffusion et l'utilisation de ces nouvelles solutions par les producteurs.

SOMMAIRE

1. Lutte intégrée contre le mildiou des endives *Phytophthora cryptogea*
2. Gestion des déchets
3. Le thrips, *Frankliniella occidentalis*, en cultures de fraises
4. La drosophile à ailes tachetées, *Drosophila suzukii*, en cultures de fraises
5. Raisonner la protection contre les maladies foliaires de la carotte
6. La mouche mineuse d'alliacées
7. Les chenilles sur chou
8. Evaluation de substances naturelles pour lutter contre les chenilles sur choux
9. Intercropping

LUTTE INTÉGRÉE CONTRE LE MILDIOU DES ENDIVES

PHYTOPHTHORA CRYPTOGEA

P. Maenhout, T. De Marez
Inagro, Rumbek-Beitem

L'infestation par *Phytophthora cryptogea* entraîne une perte de rendement considérable annuellement lors du forçage des racines de chicorées. La gamme de produits phytosanitaires étant limitée, le secteur de l'endive a tout intérêt à développer une méthode de lutte intégrée contre ce pathogène. Dans le cadre du projet ECOPAD, les chercheurs ont recueilli des informations sur l'agressivité de différentes souches et leur sensibilité aux fongicides. Des recherches sur différentes variétés moins sensibles ont également été effectuées.

QU'EST-CE QUE LE PATHOGÈNE *PHYTOPHTHORA* ?

Le mildiou de l'endive *Phytophthora cryptogea* est un pathogène lié au sol qui peut causer de lourdes pertes économiques en culture d'endive. L'infection se produit sur le terrain, généralement en automne, lorsque le temps est chaud et humide. *Phytophthora cryptogea* se retrouve principalement dans les zones humides d'un champ où il y a une mauvaise structure du sol. Ces zones sont caractérisées par une longue période d'eau stagnante. Dans ces circonstances, *Phytophthora cryptogea* se développe très rapidement et peut infecter les racines. L'infection se produit généralement pendant la récolte des racines, en particulier via la partie coupée au bas des racines. Les symptômes de la maladie eux-mêmes n'apparaissent souvent que lors du forçage. Une infestation primaire des racines sur le terrain ne se produit que dans des conditions très humides (lorsque l'eau stagne longtemps).

Le mildiou provoque la pourriture des racines, l'infestation débute à la base des racines et se poursuit vers le haut. La pourriture est consistante, brun foncée et dégage une odeur nauséabonde. Selon le degré d'infection, la pourriture peut se propager dans toute la racine. La formation

des racines est alors inhibée, de sorte que les endives seront gravement limitées dans leur croissance et seront invendables. Une première indication de la présence de *Phytophthora cryptogea* en culture hydroponique est la formation de mousse sur la solution nutritive. Ensuite, les bactéries se développent dans la solution nutritive entraînant la formation d'une substance noire.

L'agent pathogène *Phytophthora* se propage dans l'eau via les oospores. La solution nutritive de la culture hydroponique est donc idéale pour la propagation de ces oospores. La multiplication des oospores se produit entre 10 et 30 °C, la température optimale étant de 20 à 25 °C. Le risque d'infestation est plus élevé avec des racines plus précoces en raison des températures plus favorables.

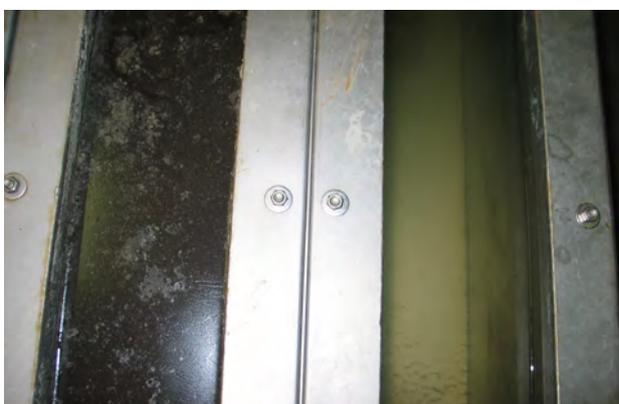
Dans une culture en pleine terre, les symptômes ne peuvent être observés qu'en contrôlant régulièrement les racines. En cas d'infestation grave, la température entre les racines peut augmenter considérablement en raison de la production de chaleur dû au développement du champignon. Ce phénomène peut entraîner la perte d'une partie des racines.



▲ **Photo 1:** L'infestation primaire des racines dans les champs est rare. L'infestation à *Phytophthora* débute généralement dans le bas des racines et se poursuit vers le haut. (Bron: inagro)



▲ **Photo 2:** *Phytophthora cryptogea* entraîne une pourriture de couleur brune du tissu racinaire qui peut même migrer sur toute la longueur de la racine. (Bron: inagro)



▲ **Photo 3:** Le mucilage de la solution nutritive est un symptôme typique d'une infection à *Phytophthora* (à gauche, réservoir avec solution nutritive provenant de forçage avec infestation de *Phytophthora* et à droite, réservoir avec solution nutritive sans infestation de *Phytophthora*). (Bron: inagro)

DES MESURES ALTERNATIVES SONT NÉCESSAIRES

Sur le terrain

L'agent pathogène *Phytophthora* se développe mieux dans des conditions humides. Le travail du sol et le drainage peuvent déjà réduire le risque d'infection. Pour chaque parcelle, une évaluation des risques assez fiable peut être faite par rapport au risque d'infection par *Phytophthora*. Les parcelles ayant été (partiellement) submergées en automne présentent un profil de risque beaucoup plus élevé que les

parcelles plus sèches. Lors de l'arrachage, les racines provenant d'une parcelle ayant été submergées peuvent, dans la mesure du possible, être séparées des autres. Si, pendant le forçage de ces racines, une pression d'infection accrue semble être présente, des mesures appropriées doivent être prises.

À l'arrachage

L'infection des racines par *Phytophthora* se produit principalement à la récolte. Le pathogène entre principalement par la coupe des racines et du feuillage. Il est conseillé d'éviter d'arracher les racines par temps de pluie afin de limiter la propagation de l'infection par *Phytophthora*. Un traitement des racines peut être effectué et il est préférable que celles-ci soient stockées dans un entrepôt frigorifique le plus rapidement possible. Le développement du pathogène peut aussi être contré ultérieurement. Plus les racines sont traitées et stockées rapidement dans un entrepôt frigorifique, moins

le pathogène a de chance de se développer efficacement dans les racines. Si les racines ne sont pas traitées rapidement et stockées en tas ou dans une benne pendant un jour ou plus, le risque d'infection par *Phytophthora* augmente très rapidement. Les racines de chicorée se réchauffent rapidement, créant ainsi les conditions idéales pour un développement rapide du *Phytophthora*. Après la récolte, les racines de chicorée doivent donc être traitées rapidement et placées dans un entrepôt frigorifique.

AGRESSIVITÉ DES DIFFÉRENTES SOUCHES CARTOGRAPHIÉES DE *PHYTOPHTHORA CRYPTOGEA*

L'Inagro et le CARAH ont constitué une collection d'une quinzaine de souches de *Phytophthora*. Six d'entre elles ont été identifiées et portent le nom de leur lieu d'origine : Beauvechain, Hallon, Inagro, Leblanc, Zannier et Zonnebeke. Pour chacune de ces souches, l'agressivité et la sensibilité au métalaxyl M, à l'azoxystrobine et à la mandipropamide ont été testées en boîtes de Pétri. Il s'agit respectivement des substances actives de Santhal (reconnu en France, mais

pas en Belgique), Ortiva (reconnu en Belgique) et Revus (reconnu en Belgique). Pour déterminer l'agressivité des souches, nous avons classé les souches en trois groupes : légèrement agressive, modérément agressive et très agressive. Peu de souches agressives ont été trouvées jusqu'à présent, alors qu'une seule souche (Inagro) pourrait être indiquée comme modérément agressive. Les cinq autres souches ont été identifiées comme très agressives.

TOUTES LES SOUCHES NE SONT PAS AUSSI SENSIBLES AUX PESTICIDES.

Toutes les souches classées comme très agressives sont sensibles au métalaxyl-M (tableau 1), les souches Zonnebeke et Beauvechain s'avérant très sensibles. En comparaison avec ces souches, la souche Inagro, modérément agressive, n'avait qu'une sensibilité très limitée. Contrairement à l'azoxystrobine, la souche Inagro avait une sensibilité assez forte comparable à celle des souches très agressives de Zonnebeke et Leblanc.

Heureusement, les souches très agressives ne sont pas, par définition, moins sensibles aux produits phytosanitaires. Nous avons vu que d'autres souches très agressives, Hallon

et Zannier, sont respectivement deux à trois fois moins sensibles à l'azoxystrobine que les souches Inagro, Zannier et Zonnebeke.

Sur la base de l'agressivité, nous ne pouvons donc pas déduire directement la sensibilité aux agents de protection des cultures. La très forte sensibilité des souches modérément agressives et très agressives au mandipropamide le confirme. Tout cela suggère que l'efficacité d'un traitement est déterminée, entre autres, par la souche de *Phytophthora* à laquelle le pesticide est appliqué.

DL ₅₀ (µg/ml)		Substance active		
		metalaxyl-M	azoxystrobine	mandipropamid
Souche de <i>Phytophthora</i>	Hallon	0,34	3,07	<0,01
	Inagro	107,00	1,50	<0,01
	Leblanc	0,47	1,55	<0,01
	Zannier	0,70	4,34	<0,01
	Zonnebeke	0,07	1,67	<0,01
	Beauvechain	< 0,01	/	/

Tableau 1: Sensibilité aux pesticides testés en laboratoire : Dose (µg / ml) à laquelle 50% (DL50) des agents pathogènes de la souche de *Phytophthora* sont tués. Plus la dose est faible, plus la souche est sensible au pesticide.

RECHERCHE DE VARIÉTÉS MOINS SENSIBLES

Le contrôle de l'infestation par *Phytophthora* peut se faire en choisissant des variétés moins sensibles. L'Inagro a infecté plusieurs variétés avec une souche modérément agressive UPMC et avec les souches très agressives Zannier et Zonnebeke pour déterminer leur sensibilité. La souche UPMC est une souche de référence utilisée par les centres de test belges et français pour déterminer la sensibilité de la chicorée aux souches de *Phytophthora* modérément agressives. Le degré d'infestation des racines a été indiqué par un score compris entre 0 et 4 ; 4 indiquant une infestation très grave.

En cas d'infection par la souche UPMC, la majorité des variétés testées se sont révélées presque insensibles à

cette souche de *Phytophthora* modérément agressive (figure 1). Les variétés Hermès, Platinum et Mont Blanc ont montré une très forte sensibilité, ce qui a entraîné une sévère infestation. Cependant, d'autres variétés, pour la plupart plus récentes, ne présentaient pratiquement aucun symptôme. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si ces variétés présentent également une moindre sensibilité à d'autres souches de *Phytophthora* modérément agressives. La parenté entre ces souches joue probablement aussi un rôle important.



◀ **Figure 1:** Degré d'infection des racines d'endive après infection par une souche UPMC de *P. cryptogea*, moyennement agressive, chez différentes variétés d'endive. Scores entre 0 et 4 où 4 indique une très forte infestation.

Contrairement à l'infection par la souche UPMC, l'infection par les souches très agressives Zannier (figure 2) et Zonnebeke a causé une infestation généralement très forte dans toutes les variétés utilisées dans cette étude. Cela montre une fois de plus qu'il est important de connaître la souche de *Phytophthora* avant de décider d'effectuer un quelconque traitement.



◀ **Figure 2:** Degré d'infection des racines d'endive après infection par la souche Zannier de *P. cryptogea*, très agressive, chez différentes variétés d'endive. Scores entre 0 et 4 où 4 indique une très forte infestation.

SOYEZ PLUS RÉACTIF GRÂCE À UNE MÉTHODE DE DÉTECTION RAPIDE

Afin de connaître l'efficacité d'un traitement phytosanitaire contre certaines souches de *Phytophthora*, il est nécessaire de comprendre la distribution et la relation entre les différentes souches. Dans ce contexte, il est important de pouvoir développer des méthodes de détection rapide afin que le producteur puisse être réactif avec un traitement approprié. Les informations recueillies par les chercheurs à propos des différentes souches peuvent également aider les semenciers à développer des variétés de chicorée plus résistantes aux souches très agressives de *Phytophthora*.

POUR EN SAVOIR PLUS

La liste des références peut être obtenue sur demande.

GESTION DES DÉCHETS

¹Jolien Claerbout, ¹Jonathan De Mey, ¹Simon Craeye,

²Amandine Mollet, ²Sandrine Oste

¹Inagro vzw.; ²FREDON Hauts-de-France

Lorsque des productions végétales sont récoltées, il y a toujours des déchets de culture. Ces résidus des plantes sont, par exemple, les feuilles extérieures des poireaux ou des chicorées, les plants de fraises, les fruits ou les plantes endommagés. Une bonne gestion de ces déchets est nécessaire dans une bonne stratégie de Protection Biologique Intégrée (PBI) contre les maladies et les parasites.

POURQUOI LA GESTION DES DÉCHETS EST-ELLE IMPORTANTE ?

Les débris végétaux et les déchets peuvent contenir ou attirer des maladies et/ou des ravageurs. Ils peuvent constituer une source d'inoculum pour la production en cours ou celle à venir. Une bonne gestion des déchets est donc essentielle pour **la prévention des maladies et des parasites**. C'est le premier principe important de la PBI.

Les déchets végétaux peuvent être gérés de différentes manières. Il est important que la gestion des déchets soit bien adaptée à la maladie ou au parasite ciblé. Voici quelques exemples de stratégies :

- Incorporation dans le sol. Cette stratégie peut être utile contre, par exemple, la rouille en poireaux. Chez certains ravageurs, comme *Drosophila suzukii*, recouvrir les fruits de terre est insuffisant. Dans ce cas, il est plutôt recommandé d'enterrer les fruits jusqu'à 60 cm de profondeur.
- Traitement par le froid. Par exemple, la congélation des déchets peut tuer différents stades des insectes. Par exemple des larves de *D. suzukii* en fraises.
- Scellage dans les conteneurs pour par exemple tuer des larve de *D. suzukii* en fraises.
- Traitement par la chaleur, comme chauffer ou incinérer. L'incinération des déchets de récoltes n'est pas recommandée à cause de la pollution de l'air.
- Compostage (fermentation aérobie).
- Fermentation (fermentation anaérobie - mésophile ou thermophile).



▲ **Figure 1:** Différents exemples de déchets (source : Inagro)

COMMENT VALORISER LES RÉSIDUS ET LES DÉCHETS DES CULTURES ?

Afin d'estimer l'intérêt de la valorisation, on se réfère souvent à l'échelle de Lansink (1979) et à l'échelle de Moerman (2009). Ces modèles montrent la méthode optimale de traitement des déchets. Par exemple, la mise en décharge est au bas de l'échelle et la réutilisation et la prévention sont au haut de l'échelle. La plus grande valeur ajoutée réside dans la transformation en produits chimiques fins (produits pharmaceutiques et cosmétiques), suivie par l'utilisation dans l'alimentation humaine et animale et comme matière première. Ce sont toutes des formes de valorisation de haute qualité. La fermentation et le compostage relèvent de la valorisation à faible degré et sont meilleurs, tant sur le plan économique qu'écologique, que la mise en décharge ou l'incinération.

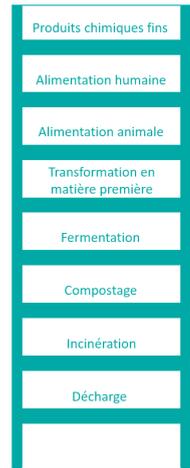


Figure 2: Cascade de rétention des valeurs basée sur les échelles de Lansink et Moerman

Plus d'informations sur la gestion des déchets sont expliquées dans deux cas spécifiques.

CAS 1 GESTION DES DÉCHETS DANS LA CULTURE DES FRAISES

Dans la culture des fraises, il est important d'éliminer les fruits tombés et les fruits trop mûrs, parce qu'ils peuvent contenir des œufs ou des larves de la drosophile à ailes tachetées, *Drosophila suzukii*. Si ces fruits sont laissés sur place, la drosophile peut se développer et pondre des œufs dans les fruits en cours de maturation, ce qui peut finalement entraîner une augmentation de la population de la drosophile.

Les fruits infestés peuvent être gérés de différentes manières. Une enquête menée par FREDON auprès des producteurs de fraises a montré que les méthodes suivantes ont été utilisées ou sont envisagées pour détruire les fruits infestés par *D. suzukii* : enfouissement des fraises, broyage, congélation, stockage dans des conteneurs scellés ou non, mis au composteur ou donner aux animaux (poules, moutons). Si le choix est fait d'enterrer les fruits, cela doit être fait de manière suffisamment profonde. Hooper & Grieshop (2000) ont découvert que *D. suzukii*

enterrée à une profondeur de 48 cm a réussi à émerger du sol. Il est donc recommandé d'enterrer les fruits à une profondeur d'au moins 60 cm. Dans la pratique, il est plus facile de stocker les fruits touchés dans des conteneurs.

Sur les sites d'Inagro et FREDON, plusieurs études avec des conteneurs ont été réalisées. Dans une première étude, les fruits ont été stockés pendant 14 jours dans des conteneurs blancs ou noirs, dans des conditions différentes. Aucune mouche vivante n'a été trouvée dans les conteneurs blancs placés à l'intérieur. L'ajout de chaux éteinte (CaO) ou de Bokashi (matière organique contenant des microorganismes qui stimulent la fermentation) n'a apporté aucune valeur ajoutée dans les récipients blancs. En parallèle, des conteneurs blancs et noirs ont été placés à l'extérieur. Un récipient noir se réchaufferait plus rapidement et permettrait ainsi de mieux tuer les drosophiles. Lors des études conduites, la destruction des drosophiles dans un conteneur blanc s'est déjà avérée suffisante.



Figure 3: L'utilisation de conteneurs blancs et noirs et de seaux blancs pour stocker les fruits de fraises infestés. (Source : Inagro et FREDON)

Dans une autre étude, conduite en été, la durée nécessaire de stockage hermétique afin de tuer a été étudiée à l'aide de seaux blancs. Les seaux ont été placés à l'extérieur à une température de 30°C. Il a été constaté que dans ces conditions, la température du seau a considérablement augmenté. Une température de 55,6 °C a été atteinte, ce qui est bien supérieur à la limite thermique de 30 °C pour le développement de *D. suzukii* (Tochen et al., 2014). Le stockage des déchets pendant 24 heures a ainsi été suffisant pour

arrêter le développement de *D. suzukii*. Conduite également lorsque la température extérieure était en moyenne de 20°C, il a été constaté que des larves s'étaient déplacées dans les seaux mais aucune émergence n'a été observée. D'autres études ont également montré que le stockage des fruits touchés dans des sacs transparents/noirs/blancs pendant 32 heures était suffisant pour obtenir une destruction de 99 % (Leach et al., 2017).

CAS 2 RÉCOLTE DES TIGES DES CHOUX DE BRUXELLES

Des mesures expérimentales à Inagro montrent qu'après récolte, il reste entre 15 et 20 tonnes de tiges des choux de Bruxelles par hectare avec une teneur en matière sèche d'environ 20 %. Il s'agit d'une grande quantité de biomasse, étant donné que plus de 3 000 ha de choux de Bruxelles sont cultivés en Flandre et dans le nord de la France. Les choux germés peuvent être intéressants pour être mélangés à la ration alimentaire du bétail (laitier), c'est pourquoi il est nécessaire de chercher des techniques pour collecter ces tiges.

Les choux de Bruxelles sont récoltés à l'aide d'une machine spécifique où les plantes sont insérées manuellement dans

une tête récolteuse avec des couteaux. Après la coupe, les choux tombent sur un tapis roulant pour être stockés dans la trémie. Les tiges passent normalement à travers l'unité de prélèvement et sont coupées et éjectées. L'installation d'un deuxième tapis permet de les collecter pour le stockage. Une compartimentation de la trémie est nécessaire pour séparer les tiges et les choux. Le supplément pour un tel ajustement est d'environ 10 % par rapport au coût de la machine. Le transport et le temps passé par tonne de produit sont également plus élevés, mais le remplacement des aliments achetés par les tiges de choux de Bruxelles est rentable si le champ est proche de l'exploitation.



▲
Figure 4: La collecte séparée des tiges nécessite une adaptation de la trémie et de la logistique. (Source : Inagro)

En 2018, nous avons déterminé la masse de feuilles et de tiges de quelques cultivars qui restent par ha après la récolte. Les variétés à haut rendement (par exemple, Profitus, Sofia) ont également donné les plus hauts rendements de feuilles et de tiges ($R^2=0.42$). Ce rapport de proportionnalité est moins perceptible entre la feuille et les choux ($R^2=0.19$) ou la feuille et la tige ($R^2=0.11$).

Choux de Bruxelles études des cultivars - 2018 - Les caractéristiques physiques des plantes et leur rendement										
Cultivar	Hauteur (cm)		Epaisseur (mm)		Tiges (tonne/ha)		Feuilles (tonne/ha)		Les choux de Bruxelles (netto) (ton/ha)	
Albarus	83.8	cd	40.1	a	13.8	cd	23.6	cd	27.6	ef
Belindus	65.6	e	38.6	a	12.0	d	32.3	ab	26.3	f
Cryptus	81.6	cde	37.4	a	14.5	cd	24.2	cd	30.6	cdef
Helios	86.1	bcd	40.3	a	17.0	abc	21.3	d	29.1	cdef
Hemera	72.2	de	41.1	a	15.5	bcd	17.9	d	29.1	cdef
Hey Melis (SGB1594)	82.7	cde	40.8	a	15.1	cd	32.7	a	32.3	bcde
HZ 16-675	86.1	bcd	41.9	a	16.7	abc	17.1	d	32.7	bcd
HZ 16-702	101.8	ab	40.3	a	19.2	ab	32.9	a	46.2	a
Platinus (SGB1622)	87.2	bcd	39.1	a	14.3	cd	24.7	bcd	27.1	f
Profitus	98.7	abc	40.6	a	19.4	ab	29.9	abc	32.7	bcd
Sofia	108.9	a	40.6	a	20.7	a	35.6	a	37.0	b
Thamus (SGB1587)	84.1	cd	40.3	a	16.0	bcd	31.0	abc	33.1	bc
Thor	86.7	bcd	39.5	a	15.0	cd	19.3	d	28.1	def
Moyenne	86.6		40.1		16.1		26.4		31.7	
K.W.V. Ras	17.1		4.7		4.1		7.8		5.0	
V.C. (%)	6.6		3.9		8.4		9.9		5.2	
P-valeur cultivar	0.000	***	0.143	N.S.	0.000	***	0.000	***	0.000	***

CONCLUSIONS

Les déchets peuvent être gérés de différentes manières. Il est très important que cela se fasse de manière à prévenir les maladies et les parasites. En outre, il existe également de nombreuses possibilités de valorisation des déchets.

POUR EN SAVOIR PLUS

La liste des références peut être obtenue sur demande.

LE THRIPS, *FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS*, EN CULTURES DE FRAISES

Etude du ravageur et des moyens de lutte sur base de la biodiversité.

¹Hélène Wera, ²Amandine Mollet, ³Thomas Van Loo,

²Sandrine Oste & ¹Olivier Mahieu

¹CARAH ; ²FREDON Hauts-de-France ; ³Inagro

La culture de fraises est directement impactée par la présence de bioagresseurs. Parmi eux, le thrips californien *Frankliniella occidentalis* (Pergande) impacte directement les rendements en dégradant la qualité des fruits. D'année en année, la présence de ravageurs est de plus en plus compliquée à contrôler, les moyens de lutte chimique étant peu efficaces en raison de la multiplication rapide de ce bioagresseur. L'aménagement des espaces autour des fraiseraies fait partie des moyens qui peuvent être mis en place afin de limiter la présence du thrips.

ÉLÉMENTS DE RECONNAISSANCE

Le thrips *Frankliniella occidentalis*

Les thrips (Thysanoptera : Thripidae) sont répandus dans le monde entier et font partie des principaux insectes ravageurs notamment en culture maraîchère et en culture ornementale. Ils mesurent entre 1 et 1,4 mm de long. La densité de leur population est élevée, leur cycle de vie est court et les populations se multiplient rapidement ; 12 à 15 générations de thrips peuvent être observées sur une année. La durée totale du cycle varie en fonction des températures allant de 15 jours à 30°C jusqu'à 44 jours à 15°C (fig. 1). Le thrips est un insecte piqueur-suceur et se nourrit des cellules végétales. En aspirant le liquide des cellules végétales, elles se remplissent ensuite d'air et laissent apparaître une tache de couleur bronze. Les thrips sont disséminés par le vent, c'est pour cela que nous en trouvons aussi bien dans les serres qu'à l'extérieur. D'après Coll M. (2006), les thrips *Frankliniella occidentalis* causent des avortements des fleurs, le bronzage des fruits et la déformation des fraises (fig. 2). L'infestation par les thrips affecte principalement les fleurs et les fruits car les dommages sur le feuillage sont négligeables.

La lutte chimique contre les thrips est peu efficace dû à l'augmentation de leur résistance face aux insecticides chimiques (Sampson et Kirk 2013). La lutte biologique est possible grâce aux insectes prédateurs comme les punaises de la famille des Anthocoridae du genre *Orius* mais aussi les thrips prédateurs de la famille des Aeolothripidae. Ces thrips prédateurs se distinguent par des bandes blanches sur leur dos (fig. 3). D'autres prédateurs peuvent être utilisés dans la lutte contre les thrips comme les acariens phytoséiides prédateurs de larves de thrips : *Neoseiulus cucumeris* et *Amblyseius swirskii*.

Des études ont montré que les populations de thrips augmentaient plus rapi-

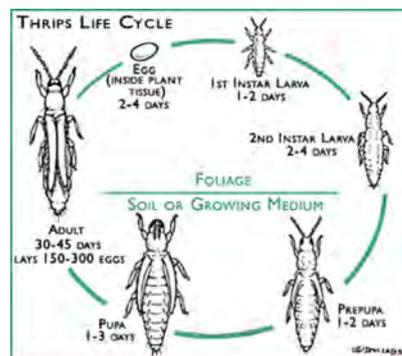


Figure 1: Cycle de vie général des thrips.

(Source : <https://www.ipmlabs.com/thrips-damage/>)



Figure 2

(Photo: CARAH)



Figure 3

(Source : <https://bugguide.net>)

dement dans les cultures où les pesticides étaient beaucoup utilisés comparés aux cultures qui utilisent moins de pesticides ou aux cultures biologiques puisque ces cultures favorisent la présence des punaises anthocorides prédatrices de thrips (Bosco, Giacometto, et Tavella 2008).

L'hémiptère du genre Orius

L'hémiptère de la famille des Anthocoridae (Hemiptera : Anthocoridae) du genre Orius mesure jusqu'à 3 mm de long et est un prédateur généraliste (fig. 4). Celui-ci est capable de se nourrir de différents types de proies sur toute sa vie. Les punaises du genre Orius se nourrissent de petits arthropodes comme les thrips, les acariens, les pucerons et des œufs de lépidoptères mais aussi de pollen des plantes (Mendes et al. 2002).



▲ **Figure 4:** Punaise anthocorides (*Orius sp.*)
(Source: CARAH)

Afin d'améliorer la présence des populations naturelles et indigènes d'*Orius sp.* dans un milieu, il est conseillé de ne pas appliquer d'insecticide ou de sélectionner des produits qui n'ont pas d'effets secondaires sur les *Orius sp.* et qui leur permet donc de se développer sur la culture et de permettre un contrôle des populations de thrips (Bosco, Giacometto, et Tavella 2008). Des *Orius sp.* sont maintenant produits par différentes firmes afin d'être utilisés en lutte intégrée comme agent de lutte biologique. Néanmoins, il semble plus intéressant de favoriser les espèces naturelles d'*Orius sp.* que d'enrichir le milieu avec d'autres espèces. Cela peut créer une compétition entre les espèces et défavorise les espèces naturelles (Bosco, Giacometto, et Tavella 2008).

LES ÉTUDES RÉALISÉES PAR LES PARTENAIRES

Durant les 4 années du projet, les partenaires ont mené des recherches complémentaires sur la lutte biologique contre les thrips ravageurs en culture de fraises. 3 sujets principaux ont été étudiés : l'intérêt des bandes enherbées autour des fraiseraies, les espèces végétales intéressantes vis-à-vis de l'attraction des insectes auxiliaires et la migration des auxiliaires d'une bande fleurie vers une culture de fraises à proximité.

LES BANDES ENHERBÉES SITUÉES AUTOUR DES FRAISERAIES, QUEL TYPE DE FAUCHE ET QUEL EST L'INTÉRÊT ?

Des bandes enherbées ont été étudiées pour leur intérêt face aux insectes auxiliaires. Les bandes enherbées ont été qualifiées en fonction des espèces végétales les composant, des différents programmes de fauche (de 1X/semaine à 2X/an) et des relevés d'insectes auxiliaires et ravageurs effectués. Ces relevés ont été effectués à plusieurs reprises et ont permis de déterminer quelle stratégie de fauche était la plus efficace face à l'attractivité des auxiliaires de culture. Le programme de fauche apporté à chaque bande a permis de mettre en évidence des caractéristiques d'attractivité des insectes ravageurs et prédateurs propre à chacune. D'après les relevés entomologiques réalisés sur plusieurs années, ce serait la bande enherbée fauchée seulement 2X/an, située au sein d'une exploitation menée en AB, qui héberge le plus d'auxiliaires. Plus la fréquence de fauche est importante, moins l'abondance des auxiliaires est élevée. Il est intéressant que la bande enherbée soit riche en espèces vivaces (graminées et dicotylédones), annuelles ou bisannuelles. Les espèces entomologiques relevées sont : les coccinelles, les syrphes, les chrysopes, les hémérobes, les punaises anthocorides prédatrices et les pucerons. Une tonte réalisée toutes les semaines ne favorise pas une diversité entomologique. Celle-ci présente plutôt des pucerons.

Type de végétation	Conduite culturale	Programme de fauche	Richesse entomologique					
			Coccinelles	Syrphes	Anthocorides	Chrysopes	Hémérobes	Pucerons
Végétation haute	AB	2X/an	x	x	x		x	x
Végétation moyenne	PBI	1X/mois		x	x			x
Gazon bas + bande enherbée	PBI	1X/semaine						x
Gazon bas + bande enherbée	PBI	1X/2 semaines	x		x	x		x

◀ **Tableau 1:** Tableau récapitulatif des bandes enherbées, de leur programme de fauche et de la richesse entomologique pour chaque bande. Etudes réalisées en 2017, 2018 et 2019 par FREDON

ETUDE DES BANDES FLEURIES, QUELLES SONT LES ESPÈCES VÉGÉTALES LES PLUS INTÉRESSANTES ?

L'étude de diverses espèces végétales a été réalisée par l'Inagro et le CARAH durant 3 années. L'attractivité de ces espèces a été évaluée via des mesures comme : méthode berlèse, aspirateurs à insectes, filets fauchoirs, observations directes. Durant 3 années, l'attractivité de différentes espèces végétales face aux insectes auxiliaires et prédateurs a été étudiée sur différents sites. Ainsi, au bout de la première année, 5 espèces ont été mises en évidence comme étant les plus intéressantes du point de vue de l'attractivité des insectes prédateurs de thrips. Ces 5 espèces sont : l'achillée millefeuille, la carotte sauvage, le chrysanthème des moissons, le sarrasin et le bleuet. 2 espèces sont

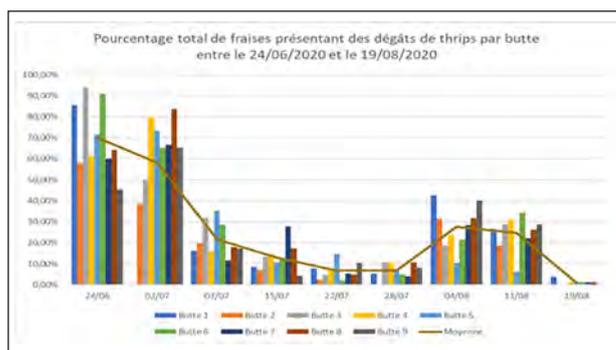
bisannuelles (plante qui effectue son cycle sur 2 années consécutives, la première est végétative et la seconde est reproductive) et 3 sont annuelles. Ce mélange, appelé le « mélange *Orius* », a ensuite été implanté afin de vérifier son attractivité pour les insectes auxiliaires tels que les punaises du genre *Orius*. L'étude de ce mélange s'est montrée très satisfaisante. Néanmoins, il est important de préciser que ce mélange, composé de plantes annuelles et bisannuelles, nécessite de 2 années consécutives pour arriver à 100% de floraison. Le tableau ci-dessous reprend les différentes espèces étudiées ainsi que leur intérêt dans l'attractivité des insectes.

▼ **Tableau 2** : Tableau récapitulatif des espèces végétales étudiées et de leur attraction pour les insectes auxiliaires et ravageurs. Etudes réalisées en 2017, 2018, 2019 et 2020 à l'Inagro et au CARAH asbl (Belgique).

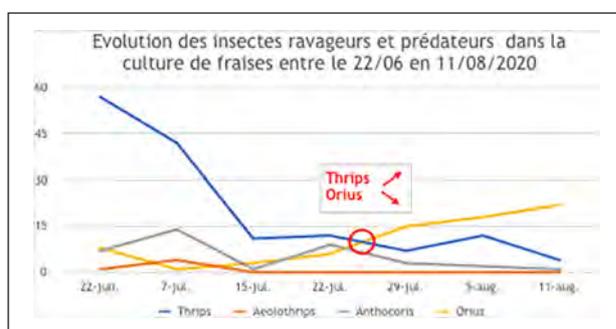
Nom français	Nom latin	Famille botanique	Annuelle	Bisannuelle	Vivace	Attraction des insectes			Proportion thrips/prédateurs
						Punaises prédatrices mirides	Punaises prédatrices anthocorides	Thrips	
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae		x		++	+	+++	++
Bleuet des champs	<i>Centaurea cyanus</i>	Asteraceae	x				+++	+++++	+
Tanaisie commune	<i>Tanacetum vulgare</i>	Asteraceae			x	+++	+++		+++
Melilot officinal	<i>Melilotus officinalis</i>	Fabaceae		x		+	-	++	
Carotte sauvage	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae		x		++	++	+++++	+
Marguerite commune	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Asteraceae	x				+	++	+
Lotier corniculé	<i>Lotus corniculatus</i>	Fabaceae			x	Pas de résultats			
Sarrasin	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Polygonaceae	x			++	++	++	+++
Chrysanthème des moissons	<i>Glebionis segetum</i>	Asteraceae	x				++	++	+
Mélange Orius	<i>Achillea millefolium, Centaurea cyanus, Tanacetum vulgare, Fagopyrum esculentum, Glebionis segetum</i>		x	x	x	+	+++	+++++	+
Fleurs de fraisières	<i>Fragaria</i>	Rosaceae	x			+	+	+++	+++

LA MIGRATION DES INSECTES AUXILIAIRES DE LA BANDE FLEURIE VERS LA FRAISERAIE

Le mélange *Orius* a été implanté à proximité d'une culture de fraises afin de connaître son intérêt par rapport à l'attractivité des insectes auxiliaires et ravageurs. La culture de fraises était implantée en pleine terre et en plein air sur 11 m de long en buttes de 0,8m de large. Ces buttes étaient orientées parallèlement à la bande fleurie. La plus proche des buttes (Butte 1) se trouvait à 0,50 m de la bande fleurie et la plus éloignée (Butte 9) à 11m. Afin de quantifier la présence des ravageurs et prédateurs, divers relevés ont été effectués de manière hebdomadaire. Premièrement, les récoltes de fraises effectuées ont permis de connaître l'impact de la bande fleurie sur la présence des prédateurs de thrips. Chaque semaine, les fraises ont été comptées et les fraises présentant des dégâts de thrips ont été recensées. Les récoltes effectuées durant la floraison de la bande fleurie ont montré que les dégâts de thrips sur les fraises étaient observés sur l'ensemble de la culture de fraises et pas plus au niveau des buttes éloignées de la bande fleurie qu'à proximité des buttes proches de la bande fleurie comme nous l'avions hypothétisé. Les résultats sont très hétérogènes d'une semaine à l'autre. La figure 5 montre l'évolution des dégâts de thrips (en pourcentage de fraises présentant des dégâts sur le pourcentage total) par butte dans la culture de fraises. De ce graphique ressort une tendance assez hétérogène des dégâts de thrips sur la culture de fraises avec un taux d'attaque variable de 1 à 70% par semaine. Aucun résultat concluant n'est ressorti de la proximité des buttes par rapport à la bande fleurie. En parallèle, des plaques engluées bleues ont été placées à différentes distances de la bande fleurie afin d'évaluer le nombre de thrips présents sur l'essai. Le comptage des thrips sur ces plaques a été effectué durant 6 semaines et montre une tendance générale des populations de thrips quelle que soit la position du piège. Enfin, la présence des insectes ravageurs et prédateurs a également été observée du 22 juin au 11 août 2020 sur les fleurs des fraisiers grâce à la méthode berlèse après avoir



▲ **Figure 5:** Pourcentage total de fraises présentant des dégâts de thrips par butte entre le 24/06 et le 19/08/2020 sur l'essai mis en place au CARAH asbl.



▲ **Figure 6:** Evolution des insectes ravageurs et prédateurs dans la culture de fraises entre le 22/06 et le 11/08/2020 sur l'essai mis en place au CARAH asbl.

échantillonné des fleurs de fraisiers. La figure 6 montre l'évolution des thrips (prédateurs et ravageurs) et des punaises anthocorides (du genre *Anthocoris* et *Orius*). Nous observons que les thrips ravageurs sont davantage présents au début qu'à la fin et qu'en contrepartie, les punaises du genre *Orius* sont davantage présents en fin de saison. Cette observation résulte certainement d'un lien de cause à effet.

CONCLUSION

Comment profiter des espaces autour des fraiseraies pour les rendre bénéfiques aux insectes auxiliaires

Aménagement idéal autour d'une fraiseraie

- Richesse en diversité végétale: cycles végétatifs différents (annuelles, bisannuelles, vivaces), durées de floraison longues pour l'ensemble des espèces, etc.
- Favoriser la diversité des sources alimentaires des insectes (pollen, nectar)
- Favoriser l'auto-ensemencement d'une année à l'autre
- Garder un milieu peu anthropisé, programme de fauche limité et peu d'application d'insecticides
- Les recensements des ravageurs et auxiliaires ont montré que la proportion ravageurs/auxiliaires était plus élevée en début de saison. Favoriser un lâcher d'auxiliaires en début de saison (entre avril et mai) permettrait de garder un bon équilibre auxiliaires/ravageurs.

POUR EN SAVOIR PLUS

La liste des références peut être obtenue sur demande.

LA DROSOPHILE À AILES TACHETÉES, *DROSOPHILA SUZUKII*, EN CULTURES DE FRAISES

Etudes de la biologie et mise en place d'une lutte intégrée en Belgique et dans le nord de la France

¹Amandine Mollet, ¹Margot Degezelle, ²Jolien Claerbout,

³Cécile Benoist, ²Simon Craeye, ²Thomas Van Loo &

¹Sandrine Oste

¹FREDON Hauts-de-France ; ²Inagro ; ³Chambre agriculture Nord Pas-de-Calais

Drosophila suzukii, également appelée « drosophile à ailes tachetées », est un ravageur émergent originaire du Sud-Est de l'Asie, détecté pour la première fois en 2011 en Belgique et en 2014 dans le Nord Pas-de-Calais. Sa présence sur le territoire français a été signalée en 2009.

Celle-ci constitue une menace pour la production fruitière européenne et la fraise n'est pas épargnée. En effet, cette espèce est capable de **pondre dans des fruits mûrs non blessés, provoquant un ramollissement du fruit, le rendant invendable.**

Les produits homologués en culture de fraises (conventionnels ou de bio-contrôle) étant limités, le piégeage semble être une technique envisageable pour réduire les populations de drosophiles. Celui-ci peut être utilisé à des fins de **monitoring** dans le but de suivre l'évolution des popula-

tions au cours de la saison et d'intervenir au moment le plus opportun. Il peut aussi être utilisé lors de **piégeage massif** dans le but de limiter le développement de la drosophile sur les parcelles de fruits.

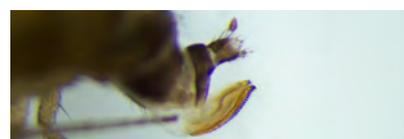
Les objectifs de la collaboration transfrontalière développée dans le cadre du projet Interreg « ECOPAD » sont d'acquies des connaissances sur la biologie de ce ravageur en culture de fraises, et de mettre au point puis de développer des techniques de détection et de lutte directe par l'usage de substances naturelles.

MIEUX CONNAÎTRE LA DROSOPHILE À AILES TACHETÉES

Éléments de reconnaissance

Les adultes de *D. suzukii* sont des mouches de 2 à 3 mm de long avec des yeux rouges et une seule paire d'ailes. L'abdomen est clair et présente des rayures plus sombres continues. Les mâles présentent **un point sombre sur le bord supérieur de chaque aile** (fig 1A) et la femelle possède

un **long ovipositeur dentelé** (fig 1B et C). La drosophile *D. suzukii* apparaît sous deux formes différentes : une forme estivale et une forme hivernale qui est plus foncée et a des ailes plus longues. Cette dernière forme est plus résistante au froid.



▲
Figure 1: Mâle (A) et femelle (B) de *Drosophila suzukii* adultes avec un zoom sur l'ovipositeur de la femelle (C).

Biologie de ce ravageur

- Développement sur des fruits charnus (fraises, cerises, framboises, baies...) trouvés préférentiellement dans les haies et zones boisées et secondairement dans les cultures.
- Des températures optimales de développement comprises entre 20 et 25°C ; une sensibilité aux fortes températures et à la dessiccation.
 - Au-dessus de 32.5°C les mâles deviennent stériles ; la moitié des effectifs meurt en 24 heures ;
 - En l'absence d'eau, les drosophiles peuvent mourir en 24 heures.
- Entre 7 à 16 œufs pondus par jour par femelle, à raison de 1 à 3 œufs par fruit, soit en moyenne 300 œufs par femelle par génération.
- Entre 3 et 13 générations par an qui se succèdent sur des productions différentes (13 générations enregistrées au Japon et non en France ou en Belgique).
- En général, la période de reproduction s'étend de mars à novembre.

FORMATION DES DÉGÂTS SUR LE FRUIT ET SYMPTÔMES

Dans un premier temps, le seul signe des dommages sur le fruit, peu visible à l'œil nu, est la **piqûre de ponte**, même lorsque les larves ont éclos à l'intérieur du fruit. La majorité des dommages sont causés par **la larve qui se nourrit de la chair** (fig 2A), provoquant un affaissement local de la chair puis un écoulement du fruit (fig 2B). L'insertion de l'ovipositeur dans la peau du fruit ouvre ainsi l'accès à d'autres agents pathogènes (champignons filamenteux, levures et bactéries), entraînant une détérioration plus rapide du fruit.



▲
Figure 2: Larve de drosophile *D. sukuzii* (A) et dégâts qu'elle peut occasionner dans une fraise (B).

EVALUATION DES NIVEAUX DE POPULATION : LE MONITORING

Le monitoring consiste à répartir des pièges aux abords d'une chapelle de fraises avant l'arrivée des drosophiles pour suivre l'évolution des populations au cours de la saison, déterminer le pic d'activité de l'espèce et définir les périodes d'intervention optimales. Les pièges doivent être renouvelés régulièrement tout au long de la saison, et les individus récoltés, identifiés et dénombrés.

Dans le cadre du projet ECOPAD, le monitoring mis en place montre que **les premières captures sont généralement enregistrées à partir du mois de mars, dans les haies situées à proximité de la production**. Lorsque les fruits sauvages commencent à mûrir dans les haies, la population de drosophiles *D. sukuzii* augmente. Cet endroit leur apporte de l'ombre, de l'humidité, des sites de pontes et des ressources alimentaires pendant la saison estivale. L'accroissement de la population de drosophiles *D. sukuzii* commence fin juillet-début août. Cependant, cette augmentation de la population dans les haies semble réduire l'espace nécessaire à l'ensemble des individus dans cette infrastructure paysagère.

Ainsi, l'hypothèse serait que les drosophiles *D. sukuzii* se dispersent vers les productions de fruits qui leur apportent les ressources nécessaires à leur développement, expliquant ainsi l'augmentation des captures aux abords de la multichapelle en août.

Le pic de capture dans la haie, en automne, proviendrait de la migration des populations se trouvant dans les productions fruitières vers les zones boisées, plus propices pour passer l'hiver. A l'automne, les ressources se font plus rares, les températures chutent, les drosophiles se préparent à l'hiver. Les morphotypes estivaux disparaissent et il ne reste plus que les morphotypes hivernaux qui vont se réfugier dans les haies et les zones boisées. Durant l'hiver, qu'elles passent sous forme adulte, elles ne volent pas ou très peu, et de ce fait les individus ne sont pas détectés dans les pièges. Les drosophiles deviennent de nouveau actives dès que les températures dépassent les 8 à 10°C. En 2020, des captures plus précoces en saison ont été observées dans la zone boisée par rapport aux années précédentes.

DÉVELOPPEMENT D'UN PIÈGE DE DÉTECTION EFFICACE

Détecter la drosophile en parcelle est assez difficile. Différents pièges et appâts sont proposés dans le commerce et dans la bibliographie mais ils ne semblent pas toujours efficaces.

Une couleur adaptée

Différentes couleurs de piège ont été testées afin de déterminer celle permettant de piéger le plus de drosophiles. En 2016, le noir, le rouge et le transparent ont été étudiés. En 2017, la FREDON a testé le transparent, le vert translucide, le rouge translucide et de la peinture rouge. En parallèle, Inagro a testé le transparent, le vert, le noir et le rouge. Malgré l'observation de variations en fonction des sites de piégeage, **le piège transparent serait suffisant pour capturer le plus de drosophiles *D. suzukii* (fig 3).**



▲ **Figure 3:** Exemple de résultats obtenus en 2017, montrant les variations de captures entre les couleurs, en fonction des sites. Des lettres similaires indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les couleurs.

Une ouverture suffisante

En 2016 et 2018, deux études ont été menées afin de déterminer le nombre d'ouvertures optimal d'un piège. Des bouteilles d'eau pétillante transparentes ont été percées de plusieurs séries de trous, d'un diamètre de 0.5 cm (à l'aide d'un fer chaud de type fer à souder). La première étude a montré que les pièges avec 10 trous ne permettaient pas de capturer autant de *D. suzukii* que ceux à 40 ou 80 trous. La seconde étude a montré que des pièges à 25 et 40 trous piégeaient autant de drosophiles (fig 4). **Ainsi, percer 25 trous de 0.5 cm de diamètre sur une bouteille serait suffisant pour capturer les drosophiles.**



▲ **Figure 4:** Comparaison de l'efficacité des pièges en fonction de leur ouverture en 2016 et 2018. Des lettres similaires indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les ouvertures.

Un appât adéquat

En culture de fraises, certains producteurs utilisent le mélange artisanal VVE (1/3 Vin rouge, 1/3 Vinaigre de cidre et 1/3 Eau) afin de suivre les vols de la drosophile. L'intérêt étant d'accroître la vigilance vis-à-vis du ravageur et de mettre en place une gestion adaptée lorsque celle-ci nécessaire. Or, les captures ne sont pas toujours représentatives des dégâts observés.

En 2017 et 2018, l'attractivité d'appâts artisanaux, fermentés ou non, et d'appâts commerciaux a été étudiée à l'aide d'un olfactomètre en conditions contrôlées à Inagro et FREDON. **Les résultats ont montré que le jus de raisin, le jus de cerise et l'appât commercial GASSER (RIGA) étaient plus attractifs que le VVE.** Leur attractivité a donc été évaluée à proximité de production de fraises.

En 2018, FREDON a comparé le jus de raisin et le VVE, ce dernier étant l'appât de référence dans la littérature.

Sur l'ensemble des relevés le VVE est apparu comme l'appât piégeant le plus de drosophiles *D. suzukii*, mâles

et femelles confondus. D'après la bibliographie, les drosophiles à ailes tachetées s'alimenteraient sur des fruits fermentés, ressemblant donc plus au VVE qu'au jus de raisin. **Cependant, contrairement aux mâles, l'attrait plus important du VVE vis-à-vis des femelles n'a pas été mis en évidence.**

Au cours de l'étude, l'attractivité des appâts semblait varier d'une semaine à l'autre. Par exemple, le mélange artisanal VVE était plus attractif que le jus de raisin pour les mâles et les femelles de drosophile *D. suzukii* à l'automne, tandis qu'à l'été (entre le 10 août et le 20 septembre 2018), l'attractivité des deux appâts était similaire, que l'on prenne la totalité des individus ou l'un des deux sexes uniquement. Au-delà de l'analyse statistique, le cumul de captures permet de constater que celles enregistrées avec le jus de raisin sont supérieures au VVE lors des relevés réalisés les 24 août, 31 août et 14 septembre (fig 5).

Afin de compléter ces résultats, deux études ont été mises en place de juin à octobre 2020. Dans la première, le mélange VVE est apparu comme l'appât le plus attractif

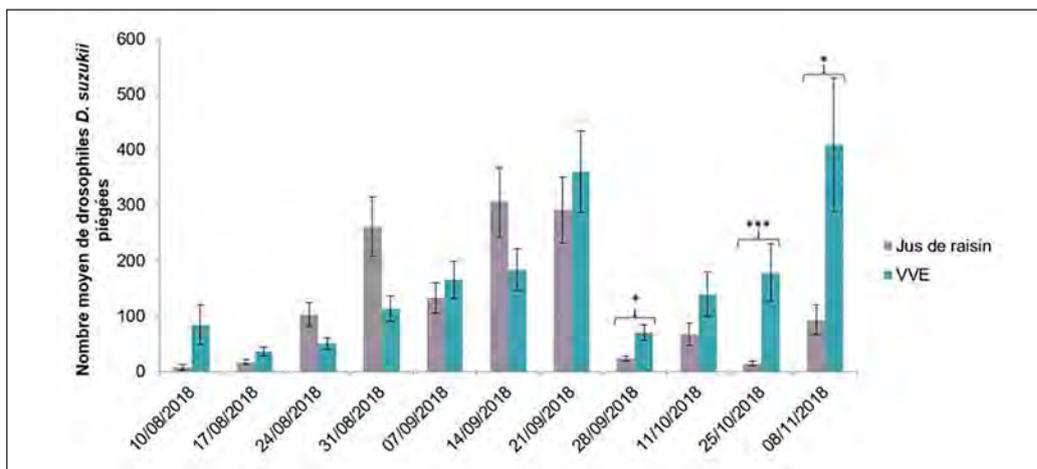


Figure 5: Comparaison, sur le terrain, de l'efficacité du jus de raisin et du VVE selon la période de l'année en 2018, sur la totalité des drosophiles *D. suzukii* piégées. Seuil de significativité : *** : $p < 0,001$, ** : $p < 0,01$, * : $p < 0,05$. (Barres d'erreur = erreur standard).

durant l'étude, avec un total de 17 000 drosophiles capturées, suivi par le jus de cerise (7 400 drosophiles) puis le jus de raisin (1 500 drosophiles).

Dans la seconde étude, sans différence statistique, le mélange VVE est l'appât ayant permis la capture du plus grand nombre de drosophiles *D.suzukii* par rapport au jus de cerise, au GASSER et au vinaigre de cidre. Néanmoins, des variations en faveur du jus de cerise ont tout de même été observées vis-à-vis de la capture des femelles.

Les résultats suggèreraient que lorsqu'il y a peu de drosophiles, comme observé dans la seconde étude, tous les

appâts étudiés conviennent. Toutefois, lorsque leur nombre est conséquent, le mélange VVE semble plus attractif.

Ainsi, le mélange VVE, indiqué comme inadapté à la détection de la drosophile *D. suzukii* en culture de fraises, est un appât efficace au champ pour piéger en masse le ravageur. Face au jus de cerise, un appât globalement attractif, le VVE est toutefois plus facile à utiliser. En effet, celui-ci ne forme pas un dépôt ou la formation de champignons contrairement au jus de fruits, facilitant l'observation. De plus, les produits qui composent le mélange sont plus accessibles et moins onéreux (1L de VVE coûte moins de 2 € tandis qu'un litre de jus de cerise coûte environ 7.5€).

SUBSTANCES NATURELLES

Les substances naturelles peuvent modifier le pH de l'épiderme du fruit ou interagir directement avec les appendices respiratoires des œufs. Cette propriété pourrait protéger les fruits contre les dommages causés par *D. suzukii*. Inagro a donc étudié, en conditions contrôlées, l'effet de plusieurs substances naturelles appliquées sur des fruits (par immersion) avant ou après une exposition à des adultes de drosophiles : le DS Mix (0.015% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 0.035% Cuprum et 0.1% Manzicum), Tracer (Spinosad) à 0.015% et le Karma (carbonate acide de potassium) à 0.3%.

Lorsque des fruits infectés par la drosophile étaient plongés dans le Karma ou le Tracer, le nombre de larves

était inférieur par rapport au témoin. Cela indique que les œufs ont été endommagés et que le développement n'a plus été possible. Appliqué préventivement, le DS-mix, le Tracer et le Karma ont également permis d'obtenir 37-48% de larves en moins par fruits par rapport au témoin.

FREDON a également mis en place une étude en conditions contrôlées afin d'étudier l'effet adulticide et ovicide de substances naturelles : huiles essentielles de thym et de menthe poivrée, soufre et eau oxygénée. Si l'huile essentielle de menthe poivrée a montré des résultats intéressants, limitant la ponte des adultes dans le fruit, ces résultats restent à approfondir.

CONCLUSION

Les références acquises durant le projet permettent d'améliorer la lutte contre la drosophile *D.suzukii* (période de piégeage, piège etc.). Les études menées sur les mesures prophylactiques ont mis en évidence qu'un stockage hermétique des fruits contaminés durant un minimum de 24 heures était suffisant pour réduire considérablement le dé-

veloppement du ravageur (cf fiche « Gestion des déchets »). Enfin, des résultats encourageants ont été obtenus en laboratoire concernant l'utilisation de substances naturelles mais restent à approfondir. Pour cela, la collaboration entre les stations de recherche transfrontalières est à poursuivre, tout en favorisant la concertation avec les producteurs.

Les résultats présentés ne peuvent être utilisés en vue de préconisations. Références bibliographiques sur demande.

RAISONNER LA PROTECTION CONTRE LES MALADIES FOLIAIRES DE LA CAROTTE

¹M. Legrand – ²A.Tack – ³H.Wera

¹UNILET – ²PCG – ³CARAH

En 2019, environ 3 100 ha de carottes étaient cultivés en région flamande, 2 600 ha en Hauts-de-France, et 900 en région wallonne. Il s'agit donc d'une production importante : les Hauts-de-France représentent la 2ème région de production en France derrière la Nouvelle-Aquitaine. Les carottes, qu'elles soient de type Amsterdam, Flakkee ou nantaises, sont principalement touchées par deux maladies du feuillage : l'alternariose et l'oïdium.

Les symptômes et conditions de développement sont très différents les uns des autres, mais ces deux champignons ont en commun une nuisibilité potentielle élevée. La nuisibilité est directe par la limitation de la photosynthèse suite à la destruction du feuillage. Elle est aussi indirecte, notamment sur les carottes de type Amsterdam. En effet, sur ce type de carotte, la récolte se réalise principalement par préemption du feuillage. Et si celui-ci n'est pas assez résistant, une partie des carottes sont laissées en terre.

PRÉSENTATION DES MALADIES DE LA CAROTTE

L'*alternariose* est la maladie la plus fréquente en culture de carotte. Plusieurs espèces de champignons peuvent être à l'origine des symptômes mais *Alternaria dauci* est le plus souvent identifié. Les dégâts se manifestent d'abord sous forme de taches décolorées ou jaunes sur le feuillage, puis prennent l'aspect de brûlures sur le bord des folioles. Si les conditions sont favorables au champignon, les folioles se nécrosent jusqu'à atteindre une destruction du feuillage plus ou moins importante selon l'intensité de l'attaque et sa précocité. L'*alternariose* apparaît surtout en conditions chaudes (températures proches de 25°C) et humides : les épidémies sont habituellement observées d'août à septembre. Certaines configurations de parcelles (proximité d'un bois) favorisent son développement grâce à un microclimat plus chaud et plus humide. Le champignon s'installe aussi parfois en saprophyte, à partir de feuilles dégradées et sénescentes. Il peut survivre sous forme de spores (appelées conidies) ou de mycélium au niveau des semences, des débris végétaux, sur carottes d'hiver ou ombellifères sauvages.



▲ **Photo 1:** Les dégâts d'*alternariose* se manifestent d'abord sous forme de taches décolorées ou jaunes sur le feuillage, puis prennent l'aspect de brûlures sur le bord des folioles. (Source : Unilet)



▲ **Photo 2:** Un feutrage blanc et pulvérulent sur le feuillage, des symptômes typiques pour l'oïdium. (Source : PCG)

La protection fongicide est essentiellement préventive compte tenu du caractère explosif de ces maladies. 1 à 2 interventions sont réalisées en moyenne sur les carottes à cycle court, jusqu'à 4 ou 5 sur les cycles les plus longs. Sur les carottes destinées à la transformation, le choix des variétés se fait en premier lieu sur des critères « industriels » (taux de matière sèche, couleur, rendement...).

Le comportement face aux maladies est secondaire, ce qui explique une connaissance limitée des sensibilités aux maladies. De plus, le panel de variétés est restreint et se renouvelle peu.

MÉTHODOLOGIE

Afin de pouvoir comparer les résultats entre stations, les protocoles et techniques de notations ont été élaborés en commun. La présence de *l'alternaria* et de l'oïdium est suivie sur un échantillon de 50 plantes par micro-parcelle sur carotte Amsterdam et sur 50 à 100 feuilles sur nantaise ou carotte de type Flakkee. Les notations ont lieu avant chaque intervention ou pour les essais et modalités sans traitement tous les 14 jours, à partir du moment où le feuillage couvre les inter-rangs et jusqu'à la récolte.

Les essais d'évaluation de sensibilité variétales sont conduits avec les mêmes lots de semences pour chaque variété, partagé entre les 3 stations d'expérimentation.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

Etude de la sensibilité variétale sur carotte Amsterdam

Au cours du programme, 3 essais variétaux (1 par an), ont été conduits sur carotte Amsterdam par l'UNILET. Les six principales variétés cultivées pour ce type de culture sont évaluées. En 2018, chaque variété bénéficie d'une évaluation avec et sans protection fongicide (1 seul traitement réalisé 13 jours avant la récolte).

Le pourcentage de plantes atteintes par *l'alternaria* varie nettement selon les années, c'est-à-dire selon les conditions climatiques. Toutes les variétés s'avèrent sensibles à *l'alternaria*. En conditions de forte pression (essai de 2018), SALTO est la moins touchée (53% de plantes atteintes tout de même). MAXI est hyper sensible avec 97% de plantes atteintes. L'effet de la protection fongicide est perceptible (38% de plantes touchées en moins) avec SOLO, il est quasiment nul sur SALTO, faible (inférieur à 22%) sur les autres variétés.

Dans le cadre du projet ECOPAD, les stations du CARAH, du PCG et de l'UNILET ont eu pour ambition d'étudier les leviers permettant de réduire la dépendance aux produits phytosanitaires de synthèse :

- Différences de sensibilité variétale.
- Outils d'Aide à la Décision (OAD),
- Produits de biocontrôle.

Pour les essais concernant la mise au point d'Outils d'Aide à la Décision (OAD), les traitements sont réalisés systématiquement avec le même fongicide afin de s'affranchir de différences d'efficacité ou de rémanence, et de comparer uniquement l'effet de la cadence et de la durée de protection. La première application est déclenchée à la couverture des inter-rangs et renouvelée tous les 14 à 21 jours, selon les modalités, avec un cumul de 2 à 5 traitements.

Le rendement varie d'abord en fonction des conditions de l'année. La corrélation avec *l'alternaria* semble peu évidente

Les rendements varient aussi en fonction des variétés, avec des différences qui peuvent atteindre +/- 25%, que les cultures soient protégées ou pas. En 2018, AMROLA et SOLO gagnent 14 à 15% de rendement avec un traitement fongicide, mais seulement 2 à 3% en 2019. L'effet de cette protection est limité pour MAXI (+ 9%), négligeable pour ABK et SALTO. L'intérêt de la protection fongicide est donc loin d'être systématique et évident.

▼ **Tableau 1:** pourcentage de plantes atteintes par l'*alternaria* sur carotte Amsterdam

	Pourcentage de plantes atteintes			Réduction du pourcentage de plantes atteintes 2018
	2017	2018	2019	
ABK Non Traité	16	87		
ABK Traité		65		22
AMFINE Non Traité	25	75		
AMFINE Traité		55		20
AMROLA Non Traité	27	68	41	
AMROLA Traité		57	43	11
MAXI Non Traité	16	97		
MAXI Traité		82		15
SALTO Non Traité	17	53		
SALTO Traité		49		4
SOLO Non Traité	18	65	44	
SOLO Traité		27	47	38
moyenne Non Traité	20	74	43	
moyenne Traité		56	45	18

▼ **Tableau 2:** rendements nets sur carotte Amsterdam

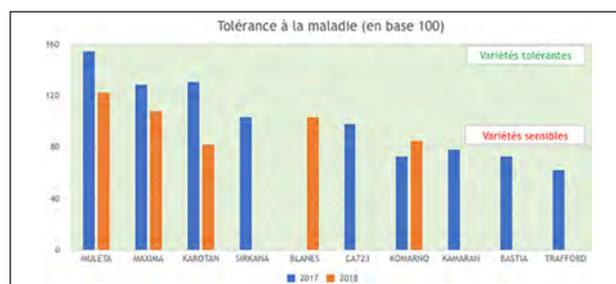
	Rendement net (t/ha)			Gain de rendement permis par la protection fongicide
	2017	2018	2019	
ABK Non Traité	58,3	48,3		
ABK Traité		50,0		4%
AMFINE Non Traité	58,9	53,3		
AMFINE Traité		59,6		12%
AMROLA Non Traité	54,9	40,3	33,9	
AMROLA Traité		46,5	34,7	15%
MAXI Non Traité	59,4	51,8		
MAXI Traité		56,5		9%
SALTO Non Traité	64,1	50,0		
SALTO Traité		50,3		1%
SOLO Non Traité	56,4	47,3	34,0	
SOLO Traité		54,1	35,0	14%
moyenne Non Traité	58,7	48,5	34,0	
moyenne Traité		52,8	34,9	9%

Etude de la sensibilité variétale sur carotte nantaise et Flakkee

Douze essais ont été mis en place (1 par station par an) comparant les variétés en conditions non traitées. L'essai de 2017 conduit par le PCG a dû être abandonné en raison d'une levée trop hétérogène pour évaluer correctement le comportement des variétés.

Quinze variétés ont été testées, correspondant aux variétés les plus cultivées dans les 3 régions de production de Flandre, de Wallonie et de Hauts-de-France. Malgré des pressions de maladies très variables (de 0 à 88% de feuilles atteintes et jusqu'à 36% de surface foliaire détruite), peu de différences sont constatées entre variétés : toutes s'avèrent sensibles à l'*alternaria*. Des écarts peuvent être visibles en début d'attaque mais lorsque la maladie se développe, le comportement des variétés s'homogénéise. Le pourcentage de feuilles atteintes varie au plus de 21% et le pourcentage de surface foliaire touchée de 23%. L'intensité des attaques varie surtout en fonction des conditions climatiques.

En ce qui concerne l'oïdium, MULETA s'est montrée significativement et systématiquement moins touchée dans les 4 essais où la variété a été testée. Les variétés BASTIA, BLANES, CA 723, EXTREMO, KAMARAN, KAROTAN, KOMARNO, MAXIMA et SIRKANA présentent un comportement intermédiaire ou irrégulier. TRAFFORD s'est montrée très sensible. Les résultats sont insuffisants pour permettre de classer les autres variétés.



▲ **Figure 1:** Sensibilité variétale sur carotte nantaise et Flakkee vis-à-vis de l'oïdium

Les Outils d'Aide à la Décision (OAD)

Les essais de raisonnement des interventions débutent en 2019 avec 1 essai mis en place par chacune des stations d'expérimentation.

Les résultats permettent d'observer l'importance d'une protection fongicide, avec des pertes de rendements qui peuvent atteindre près de 30% en l'absence de protection. Toutefois, dans ces essais, une réduction de 40 à 50% de l'indice de fréquence de traitement n'est pas préjudiciable à la productivité, à condition de positionner les traitements en

début d'attaque. En effet, l'impact des maladies (*alternaria* ou oïdium) sur le rendement ne dépend pas seulement de son intensité, il est aussi lié à sa date d'apparition. Et l'effet des fongicides (et l'intérêt des interventions) décroît avec l'avancement de la culture.

Pour gagner en efficacité mais aussi limiter autant que possible les traitements, un Outil d'Aide à la Décision (OAD) a été testé par l'UNILET en 2020. Il s'agit d'un logiciel fonctionnant à partir des données fournies par une station météo-

rologique LEMKEN, implantée dans la parcelle de carottes. Un modèle fournit une prévision des risques : moyen (alerte jaune), élevée (alerte orange) ou extrême (alerte rouge). Grâce à une application, le suivi du niveau de risques et les alertes peuvent être directement signalées sur le téléphone portable du producteur ou de son conseiller. 3 stratégies ont été testées : déclenchement de la protection fongicide à partir des différents niveaux d'alerte (jaune, orange ou rouge). Une fois le traitement effectué, la culture est considérée comme étant protégée pour une durée de 14 jours. La reprise de la protection est ensuite fonction du niveau de risques prévu par le logiciel. Ces stratégies ont été comparées à un itinéraire de référence traité 4 fois, tous les 14 jours, à partir du moment où la végétation couvre la totalité du sol. Un témoin non protégé est également intégré au dispositif.

À la récolte le 6 octobre, nous pouvons observer dans le Témoin que la surface du feuillage est touchée à 30% par l'oïdium et 15% par l'*alternaria*. Le rendement brut est faible avec seulement 63,5 t/ha. Après 4 interventions fongicides, l'itinéraire de référence ne permet qu'une faible réduction des dégâts sur les feuilles en raison d'un développement tardif des maladies dans cette modalité mais le rendement est bien préservé avec 78,7 t/ha (plus 24% par rapport au Témoin). Les itinéraires protégés à partir de l'indication d'un risque moyen ou élevé sont proches entre eux. Ils ont conduit à déclencher 3 traitements, quasiment aux mêmes dates. La première intervention est retardée de 8 jours par rapport à la référence. Elle a dû être renouvelée au bout de 14 jours puis un délai de 27 et 29 jours (selon le seuil choisi) est laissé entre le 2ème et le 3ème traitement., aucun risque d'*alternaria* n'étant indiqué par le modèle. Cette économie de traitement ne porte pas préjudice au rendement, comparable à la référence. Le décalage de 6 à 8 jours du dernier traitement semble même avoir profité à la qualité de protection du feuillage, qui est pratiquement indemne d'oïdium (moins de 4%), et nettement moins atteint par l'*alternaria* (4 à 8%). En revanche, la stratégie consistant

L'intérêt des produits de bio-contrôle

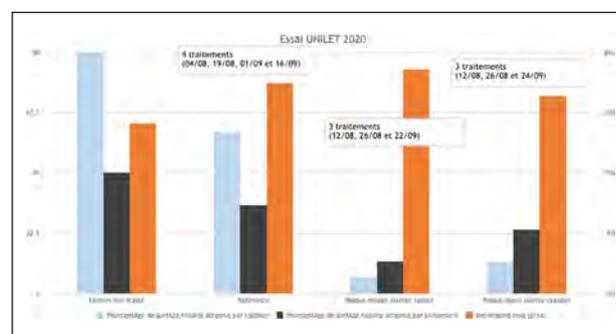
Deux nouveaux produits de biocontrôle ont été testés en 2020. Malheureusement dans le premier essai, l'efficacité de la protection semble liée uniquement aux deux premières interventions réalisées à l'aide de produits conventionnels. L'absence de maladie dans le 2ème l'essai ne permet pas davantage d'évaluer l'intérêt des produits. Les travaux doivent donc se poursuivre pour vérifier l'intérêt de ces nouveautés.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Seule la variété MULETTA semble significativement moins sensible à l'oïdium. Les différences entre variétés sont peu importantes et le niveau de développement de l'*alternaria* et de l'oïdium dépend surtout des conditions climatiques. Les travaux ont permis de démontrer que l'incidence des maladies sur le rendement était faible sur carotte Amsterdam, mais pouvait atteindre jusqu'à 1/3 du rendement sur carotte nantaise

	UNILET	CARAH	PCG
Date d'observation	2-oct.	18-nov.	20-nov.
Délai après traitement	T5 + 28	T5 + 59	T5 + 48
MULETA - 5 traitements	131,9	135,7	-
MULETA - Non traitée	107,9	134,8	-
EXTREMO - 5 traitements	102,4	138,3	98
EXTREMO - 3 traitements précoces	102	139,7	107
EXTREMO - 3 traitements tardifs	87,1	131,2	95
EXTREMO - 5 traitements à demi-dose	-	138,2	93
EXTREMO - Non traitée	-	113,5	75
KOMARNO - 5 traitements	-	-	115,3
KOMARNO - Non traitée	-	-	83,4

▲ **Tableau 3:** Effet de la stratégie de protection fongicide sur le rendement



▲ **Figure 2:** Etude de l'intérêt d'un Outil d'Aide à la Décision pour lutter contre les maladies foliaires de la carotte

à n'intervenir qu'à partir d'un risque extrême ne s'avère pas satisfaisante : ce seuil n'a jamais été atteint. Les résultats sont donc comparables au Témoin non traité.

Signalons toutefois que les produits à base de soufre, dont l'intérêt sur oïdium n'est plus à démontrer figurent parmi les produits de biocontrôle. En France ESSEN'CIEL, LIMOCIDE et PREV-AM PLUS, à base d'huile essentielle d'orange sont également autorisés. Quoique sensiblement moins efficaces que les produits à base de soufre, ils peuvent présenter un intérêt.

ou Flakkee. Une protection fongicide peut donc s'avérer indispensable. Les essais ont permis d'identifier un OAD permettant d'orienter la stratégie de protection. Cet outil semble assurer la qualité de protection et préserver le rendement, tout en permettant des économies de traitements. Les travaux devront se poursuivre pour affiner les stratégies de protection et valider la pertinence du modèle.

LA MOUCHE MINEUSE D'ALLIACÉES

¹A. Tack, ¹N. Cap, ¹L. Lippens, ²J. De Mey, ³L. Durlin, ³S. Oste, ⁴F. Couloumies, ⁴F. Delassus

¹PCG – ²Inagro – ³FREDON Hauts-de-France – ⁴PLRN

Phytomyza gymnostoma est un diptère dont la larve provoque des dégâts sur les cultures d'Alliacées (poireau, oignon, échalote, ail, ciboulette,...). Elle est aussi appelée mineuse du poireau, mouche mineuse du poireau ou mouche mineuse des Allium selon les auteurs. C'est un diptère appartenant à la famille des Agromyzidae. Il s'agit d'une petite mouche grisâtre et terne d'environ 3 mm de long. Le front séparant les yeux est jaune pâle, ainsi que la partie ventrale de l'abdomen, les balanciers et les genoux. Les pattes sont bien noires. C'est la larve, un asticot jaune pâle atteignant 3 à 4 mm au dernier stade, qui provoque des dégâts sur les cultures. La puppe est de couleur marron claire à brun rougeâtre et mesure environ 3,5 mm.

BIOLOGIE DE LA MOUCHE MINEUSE ET DÉGÂTS

Ce diptère est caractérisé par deux vols par an. Le premier vol a lieu au printemps (de fin mars à juin). A cette époque de l'année, les cultures sont encore jeunes et les pertes de pieds sont majoritairement recensées sur oignons de semis et sur les pépinières de poireaux. Pour se nourrir et pour rechercher un site de ponte, les femelles de mouche mineuse piquent la feuille et sucent la sève provoquant ainsi des piqûres de nutrition rondes, blanchâtres et alignées.

Les piqûres de la mouche mineuse peuvent provoquer un dessèchement de la feuille et engendrer une pliure. A des stades très jeunes de la culture (stade crochet ou stade une feuille), ce dessèchement peut même entraîner la mort de la plante. La femelle pond ses œufs à l'intérieur de la feuille. Une fois ceux-ci éclos, les larves se développent à l'intérieur des feuilles et descendent vers le bas avant de se transformer en puppe.

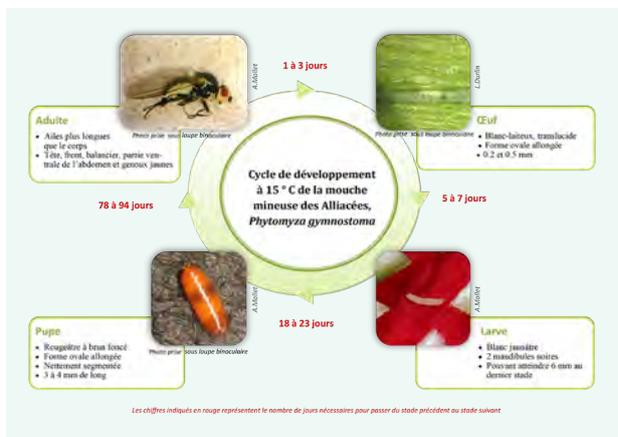


Figure 1: Cycle de développement à 15 °C de la mouche mineuse des Alliacées (Source : la Fredon + ILVO)



Photo 1 et 2: Dégâts en poireau : les larves creusent leurs galeries dans le fût du poireau et descendent vers le bas avant de se transformer en pupes.

MÉTHODES DE DÉTECTION DE LA MOUCHE MINEUSE

Les études menées sur plusieurs sites ont permis d'évaluer plusieurs méthodes de détection pour connaître les périodes de vol de la mouche mineuse du poireau. L'observation visuelle des piqûres sur la culture ou sur des pots de ciboulette sont des méthodes faciles à mettre en place et accessibles à tous. Les bols jaunes permettent de capturer et surtout d'identifier les mouches mineuses. Aussi les plaques engluées jaunes permettent de capturer les mouches. La dernière méthode de détection présentée

est la mise en élevage des pupes.

La détermination exacte de la période de vol de *Phytomyza gymnostoma* reste difficile. De plus, les périodes de vol sont différentes selon les parcelles. La meilleure méthode pour détecter le vol est de combiner plusieurs techniques de suivi et de multiplier les sites d'observation.

Méthode	Avantages	Inconvénients
Plaques engluées jaunes 	<ul style="list-style-type: none"> • La capture d'un individu permet d'être sûr que le vol est toujours en cours sur la parcelle • Le jaune est actuellement la couleur réputée comme la plus attractive pour ce ravageur • En général c'est sur les plaques jaunes que l'on capture le plus d'individus • Les plaques jaunes sont facilement disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode peu sélective (beaucoup d'auxiliaires et autres insectes capturés) • Nécessite une identification au laboratoire • Identification morphologique très difficile sur les plaques jaunes • Nécessité de déplacer les plaques engluées à chaque intervention sur la parcelle
Bols jaunes 	<ul style="list-style-type: none"> • La capture d'un individu permet d'être sûr que le vol est toujours en cours sur la parcelle • Le jaune est actuellement la couleur réputée comme la plus attractive pour ce ravageur • Les cuvettes jaunes sont facilement disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode peu sélective (beaucoup d'auxiliaires et autres insectes capturés) • Nécessite une identification au laboratoire • Peu de captures en général • Nécessité de déplacer les bols à chaque intervention sur la parcelle

<p>Observation visuelle des piqûres sur la culture</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode applicable par les professionnels • Permet d'être sûr de la présence du ravageur sur la parcelle observée • Aucun investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Chronophage • Risque de compter plusieurs fois la même piqûre ce qui ne permet pas de suivre la dynamique de vol
<p>Pupes mises en élevage à l'extérieur</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection très précoce : permet de détecter le début du vol • Permet de détecter la présence éventuelle de parasitoïdes • Méthode applicable par les professionnels • Faible investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne permet pas de détecter la fin du vol • Les conditions dans la boîte d'élevage sont homogènes et ne représentent pas la réalité du terrain (même profondeur, même température, même luminosité,...)
<p>Pots de ciboulette</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Faiblement chronophage • Permet d'être sûr de la présence effective du ravageur sur la parcelle à une date donnée • Méthode applicable par les professionnels • Faible investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • La ciboulette doit être maintenue en bon état (protection contre le gel, le gibier, la sécheresse,...) et demande un minimum d'entretien • Nécessité de renouveler les pots régulièrement car les jeunes plants de ciboulette sont les plus attractifs

EVALUATION DE MÉTHODES DE LUTTE PHYSIQUE ET SUBSTANCES NATURELLES ET BIOLOGIQUES

Il existe différents procédés physiques permettant de lutter contre les bio-agresseurs. Parmi eux, les filets anti-insectes ont été étudiés pour lutter notamment contre la mouche mineuse du poireau. Ils donnent de bons résultats mais ne sont utilisables que sur de petites surfaces et présentent plusieurs inconvénients, qui les rendent difficilement applicables par la majorité des producteurs. D'autres solutions donc ont été étudiées.

D'une part, des substances naturelles agissant par effet mécanique ont été étudiées, comme le talc et le kaolin. Ces produits, ayant un mode d'action visuel, font en sorte que les mouches trouvent moins facilement la culture. Ils agissent comme une barrière physique, protectrice vis-à-vis des agressions extérieures, que sont les insectes.

D'autre part, des substances naturelles avec un mode d'action olfactif ont été testés tels que les huiles essentielles et les extraits de plantes ou de bactéries. Ces produits ont été évalués soit pour leur action répulsive, grâce aux tests olfactométriques en laboratoire, soit pour leur action « insecticide », grâce aux études en plein champ. Enfin l'efficacité de certains produits synthétiques a également été examinée.

Les substances naturelles et produits synthétiques peuvent être appliquées directement sur les cultures et permettent donc de développer des méthodes parfois plus facilement adoptées par les producteurs.

Technique de lutte	Avantages	Inconvénients
Les filets anti-insectes	<ul style="list-style-type: none"> • Haute efficacité si installé précocement 	<ul style="list-style-type: none"> • Il ne peut être utilisé que sur de petites surfaces • La pose du voile est fastidieuse et chronophage • Coûteuse • Complique le désherbage • Peut compromettre le rendement et la qualité du produit

La coupe mécanique (10 cm au-dessus du fût sur poireau)	<ul style="list-style-type: none"> • Efficace si exécuté au bon moment (environ une semaine après le début du vol) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chronophage • Compromet le rendement (perte moyenne de 7 tonnes)
Le Talc	<ul style="list-style-type: none"> • Barrière physique • Facilement à appliquer 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune efficacité au plein champ
Le Kaolin	<ul style="list-style-type: none"> • Barrière physique de type argile • Facilement à appliquer • Bonne efficacité si appliqué correctement et fréquemment 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu persistant : à renouveler en cas de précipitations • Nombreuses applications nécessaires • Chronophage et coûteuse
Le jus d'ail + de l'huile essentielle	<ul style="list-style-type: none"> • Effet répulsive en laboratoire • Facilement à appliquer 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune efficacité en plein champ
Spinosad	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne efficacité si appliqué au bon moment • Insecticide autorisé en Agriculture Biologique • Facile à appliquer 	<ul style="list-style-type: none"> • Non sélectif vis-à-vis de la faune auxiliaire
Deltaméthrine	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne efficacité si appliqué au bon moment • Facile à appliquer 	<ul style="list-style-type: none"> • Non sélectif vis-à-vis de la faune auxiliaire • Insecticide non autorisé en Agriculture Biologique
Lambda-cyhalothrine	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne efficacité si appliqué au bon moment • Facile à appliquer 	<ul style="list-style-type: none"> • Non sélectif vis-à-vis de la faune auxiliaire • Insecticide non autorisé en Agriculture Biologique
Cyazapyr	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne efficacité sur les adultes et les larves • Bonne persistance • Facile à appliquer 	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne sélectivité vis-à-vis certains auxiliaires • Insecticide en attente d'AMM • Insecticide non autorisé en Agriculture Biologique

GESTION DES DÉCHETS POIREAUX

Afin de limiter l'hivernation des pupes sur les parcelles, il est nécessaire d'éliminer les plantes atteintes au champ. Il faut également éviter de laisser ou de réintroduire les déchets de récolte aux champs. Malheureusement, il y a encore peu d'informations sur la meilleure gestion des déchets de culture restants dans les champs. En enfouissant les déchets de culture, on peut enterrer les pupes en profondeur, mais des recherches allemandes ont montré que le labour à une profondeur de 30 cm n'a qu'une influence limitée sur l'éclosion des mouches. À cette profondeur, seules 33% de mouches en moins sortent des pupes par rapport à une profondeur de 10 cm.

En Flandre, des recherches ont été menées pour étudier dans quelle mesure les pupes peuvent survivre dans un tas de poireaux et dans un tas de compost. Le compostage des déchets de poireaux s'est avéré être une bonne mesure pour détruire les pupes hivernantes. S'il est possible de faire du compostage, il est préférable de choisir cette méthode. Dans un tas de déchets de poireaux, les pupes qui se trouvent à l'extérieur du tas peuvent survivre. Le recouvrement du tas avec



▲ *Photo 3: Le compostage des déchets de poireaux s'est avéré être une bonne mesure pour détruire les pupes hivernantes (Source : PCG)*

une bâche n'a pas été testé dans le cadre du projet, mais s'il est correctement couvert, il aura un effet supplémentaire pour réduire les chances de survie des insectes.

Le retour (immédiat) des déchets de poireaux au champ n'est certainement pas recommandé en cas d'infestation. Il est préférable de collecter les déchets pour les composter ou de les mettre en tas et de les laisser, de préférence couverts, pendant au moins deux à trois mois.

POUR EN SAVOIR PLUS

La liste des références peut être obtenue sur demande.

LES CHENILLES SUR CHOU

¹L. Durlin, ¹M. Degezelle, ¹A. Artru, ¹S. Oste, ²F. Siméon,
³J. De Mey, ³S. Pollet, ⁴A. Tack, ⁴L. Lippens

¹FREDON Hauts-de-France; ²PLRN; ³Inagro; ⁴PCG



Les chenilles défoliatrices peuvent rendre les choux non commercialisables en entraînant des défoliations importantes et/ ou en souillant les pommes par la présence d'excréments. Parmi ces espèces, on retrouve notamment la teigne des crucifères (*Plutella xylostella*), dont l'infestation a été particulièrement importante en 2016 tout en conservant une incidence forte les années suivantes. D'autres espèces telles que les piérides (*Pieris rapae*, *P. brassicae*) ou encore les noctuelles (*Mamestra brassicae*, *Autographa gamma*) présentent une incidence variable bien que globalement plus faible.

IDENTIFICATION DES CHENILLES SUR CHOUX

La teigne des crucifères (*Plutella xylostella*) - 3 à 6 générations par an

Elle apparaît sur les parcelles en mai-juin. Son cycle dure 25 jours lorsque le temps est chaud et sec. L'éclosion se fait entre 4 et 8 jours après la ponte en fonction des températures. A l'éclosion, la larve s'enfonce au bout de quelques heures dans le tissu de la feuille. Elle quitte ensuite sa galerie pour se tenir sur la face inférieure des feuilles. Dans un premier temps, les chenilles consomment uniquement l'épiderme inférieur des feuilles laissant la plupart du temps une fine couche de tissus transparente intacte. Au dernier stade, les chenilles consomment tout le limbe, creusant ainsi des petits trous ronds dans les feuilles ce qui donne un aspect de dentelle. C'est une espèce migratrice et les vols peuvent être très importants comme en 2016.



CEufs
Taille: 0,4 x 0,26 mm
(non visibles à l'œil nu)



Chenille
Taille: 10 à 14 mm au dernier stade.



Cocon



Adulte

La piéride du chou (*Pieris brassicae*) - 2 à 3 générations par an.

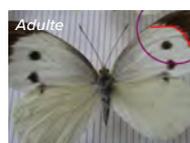
Elle apparaît sur les parcelles en mai. Les chenilles sont grégaires. Les dégâts sont facilement visibles et ne touchent généralement que quelques choux dans la parcelle. Elles consomment les feuilles et ne laissent que les nervures.



CEufs
Les œufs de coccinelles sont lisses alors que ceux des piérides sont côtelés.



Chenille



Adulte
Tâche apicale arrondie et plus importante

La piéride de la rave (*Pieris rapae*) - 2 générations par an

Elle apparaît sur les parcelles en mai. Les œufs sont pondus isolément. L'éclosion a lieu environ une semaine après la ponte et le développement larvaire dure entre 3 semaines et un mois.



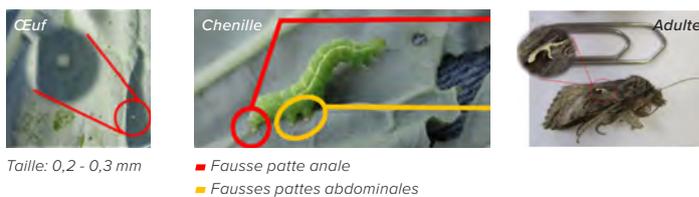
La noctuelle du chou (*Mamestra brassicae*) - 2 à 3 générations par an

Les œufs sont déposés par plaques de 20 à 100 œufs, sur la face inférieure des feuilles. L'éclosion a lieu 8-15 jours après la ponte. La chenille est grégaire puis solitaire et le développement larvaire dure environ 2 mois.



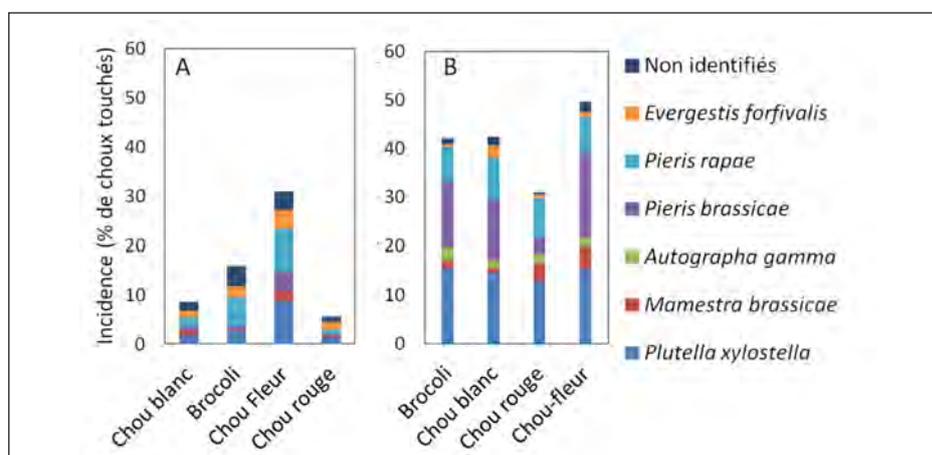
La noctuelle gamma (*Autographa gamma*) - 2 générations par an

C'est une espèce migratrice qui arrive sur les parcelles en juin. Les œufs sont pondus de manière isolée et éclosent après 10–12 jours. Le développement larvaire dure environ 1 mois.



La pyrale du chou (*Evergestis forficalis*) - 2 générations par an

Elle apparaît sur les parcelles en mai-juin. La chenille consomme les feuilles de chou et d'autres crucifères.



Les différences entre les choux sont moins marquées en 2018 qu'en 2017 et le pourcentage de choux touchés est plus important. Néanmoins, il semblerait que pour les deux années, le chou-fleur soit l'espèce la plus touchée par les chenilles tandis que le chou rouge a tendance à être moins attaqué.

▲ **Figure 1:** Incidence moyenne causée par les différentes espèces de chenilles aux différents types de chou sur des sites en AB (Bois-Grenier – 59 et Herlin-le-sec – 62) en 2017 (A) et en 2018 (B).

Les espèces de chenilles défoliatrices présentes dans les cultures de différentes espèces de choux ont une incidence similaire dans toute la région transfrontalière. De manière générale, l'espèce la plus préoccupante est la teigne des crucifères. Elle est présente sur les parcelles de début juin à fin septembre avec un pic majeur en début de saison. Elle est suivie par les piérides présentes de manière fluc-

tuante pendant toute la saison estivale. Les noctuelles sont un peu moins nombreuses mais la présence de leurs excréments sur les pommes empêche la commercialisation de certains choux. De plus, les noctuelles gamma et les noctuelles du chou sont très polyphages, elles s'attaquent donc à d'autres cultures comme les salades, les épinards.



Dégâts de piéride de la rave



Dégâts de piéride du chou (PLRN)



Dégâts de teigne des crucifères



Dégâts de noctuelle

RÉFÉRENCES ACQUISES SUR LES MÉTHODES DE DÉTECTION

La mise en place de pièges à phéromones consiste à installer des pièges dits « delta » pour les petits papillons comme la teigne des crucifères ou des pièges « entonnoir » pour les plus gros individus telles que les noctuelles. Une capsule placée dans le piège diffuse une phéromone spécifique à chaque espèce et attire les mâles. La mise en place de ces pièges sur une parcelle permet d'anticiper les pontes au moment des pics de captures et donc d'accroître la vigilance sur le terrain les jours suivants. En l'état actuel des connais-

sances, il n'existe pas de corrélation entre le nombre de captures et les dégâts observés sur la culture, il n'y a donc pas de seuil de nuisibilité.



Piège Delta



Piège Entonnoir

COMPARAISON DE PLUSIEURS PHÉROMONES POUR CAPTURER *M. BRASSICAE*

Des pièges à phéromones sont régulièrement utilisés dans le cadre du Bulletin de Santé du Végétal en France et les avertissements en Belgique pour les noctuelles gamma et les teignes des crucifères afin de suivre les dynamiques de vols (plusieurs centaines de papillons dans certains pièges au moment des pics de vols). Pour la noctuelle du chou (*Mamestra brassicae*), en 2016 (première année de mise en place de ce piégeage), les captures ont été faibles alors que sur certaines parcelles, les dégâts ont été très importants. Il paraissait donc important de comparer les phéromones proposées par les différents fournisseurs pour trouver la plus efficace afin d'anticiper les périodes de vigilance et éventuellement les interventions.

Une étude a été menée en France et en Belgique sur plusieurs sites en 2017 et 2018 afin de comparer différentes phéromones puis différents types de piège.

Au terme de deux années d'études, il s'avère qu'aucune capture de *Mamestra brassicae* n'a été enregistrée malgré les observations de chenilles de cette espèce sur les sites où les pièges ont été posés. On peut conclure que les phéromones commercialisées ne permettent pas de capturer efficacement *Mamestra brassicae* et donc de détecter les vols. La surveillance continue de la parcelle reste donc nécessaire.

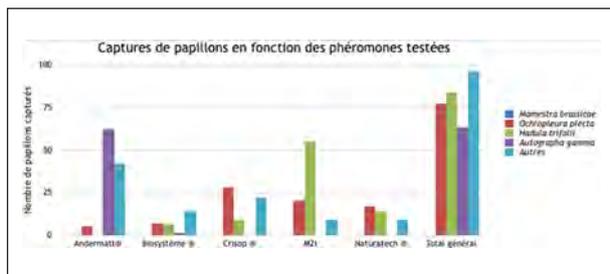


Figure 2: Incidence moyenne causée par les différentes espèces de chenilles aux différents types de chou sur des sites en AB (Bois-Grenier – 59 et Herlin-le-sec – 62) en 2017.

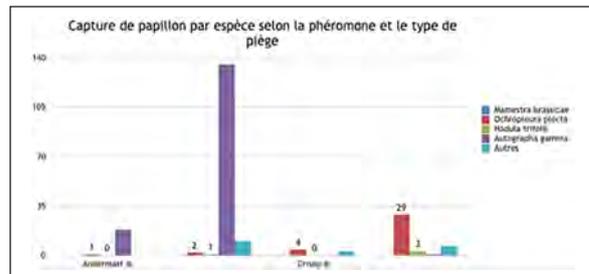


Figure 3: Incidence moyenne causée par les différentes espèces de chenilles aux différents types de chou sur des sites en AB (Bois-Grenier – 59 et Herlin-le-sec – 62) en 2018 (B).

COMPARAISON DE PIÈGES CONNECTÉS ET DE PIÈGES À EAU CLASSIQUES POUR LA CAPTURE DES NOCTUELLES GAMMA

La surveillance des vols de noctuelles gamma (*Autographa gamma*) à l'aide de pièges à phéromones est mise en place depuis plusieurs années. Néanmoins, ce suivi peut être fastidieux car les relevés de ces pièges nécessitent de se déplacer régulièrement sur les parcelles qui sont éloignées les unes des autres. La mise en place de pièges connectés pourrait permettre de réduire le temps nécessaire pour la collecte de ces données. Un piège connecté Trapview a été mis au point afin de capturer les noctuelles, tout en visualisant quotidiennement sur Internet une photo de la plaque de capture avec son nombre de prises et un archivage de la dynamique des vols au cours de la saison. L'objectif agronomique est d'optimiser le positionnement des moyens de lutte contre les ravageurs en connaissant mieux la situation des populations présentes dans les parcelles. Plusieurs parcelles ont été suivies sur deux années en comparant 2 modalités (piège à eau classique, piège connecté Trapview). Idéalement les pièges ont été mis en place début juin et retirés fin septembre.



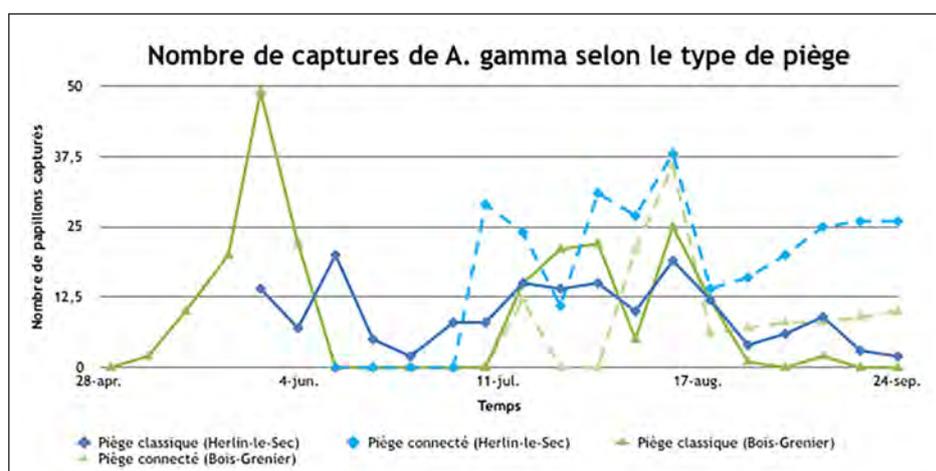
Piège à eau classique



Piège connecté



Exemple de photo transmise par le piège connecté. L'identification et surtout le comptage sont parfois difficiles en cas de captures importantes. En fin de saison, on observe plus de captures dans les pièges connectés par rapport aux pièges à eau : la question du double comptage se pose car normalement les vols sont moins importants en fin de saison.



Exemple de suivis sur deux sites où les pièges ont été comparés

En 2017, très peu de captures ont été enregistrées dans les pièges connectés sûrement à cause d'une mise en place tardive des pièges. En 2018, les captures sont plus similaires entre les pièges connectés et les pièges à eau classiques bien que le début de vol semble moins bien détecté par les pièges connectés par rapport aux pièges à eau classiques. Des avantages et des inconvénients sont constatés sur les deux types de piège et il convient de faire son choix en fonction de critères économiques, sociaux et agronomiques.

Points positifs du piège connecté

- Relevé quotidien possible
- Entretien peu chronophage

Points négatifs du piège connecté

- Prix (En location: frais annuels 500€ par an, besoin de faire un réseau pour réduire les coûts)
- Difficulté de faire des comptages à distance pour vérifier. Problèmes de comptage en fin de saison.
- Risque accru de vol du piège dans la parcelle.
- Pas de suivi de ce qui se passe réellement sur la parcelle (présence de chenilles, stade, autres espèces...).

POUR EN SAVOIR PLUS

La liste des références peut être obtenue sur demande.

EVALUATION DE SUBSTANCES NATURELLES POUR LUTTER CONTRE LES CHENILLES SUR CHOUX

¹L. Durlin, ²F. Siméon, ³J. De Mey, ³S. Pollet, ⁴A. Tack,
¹S. Oste, ⁴L. Lippens

¹FREDON Hauts-de-France; ²PLRN; ³Inagro; ⁴PCG

Différentes études ont été menées en France et en Belgique afin d'étudier l'efficacité de divers produits phytopharmaceutiques, en particulier les produits à base de substances naturelles (micro-organismes...). L'objectif de ces études est d'évaluer des méthodes de protection directe respectueuse de la faune auxiliaire. Les résultats devaient permettre de mettre au point une stratégie de lutte efficace, basée sur les observations et le suivi de piège à phéromones. Des solutions existent (chimiques ou alternatives) mais le mauvais positionnement d'un traitement peut le rendre totalement inefficace.

Nom commercial	Forme	Substance active	Autorisée en BE sur choux*	Autorisée en FR sur choux*
DIPEL DF	WG	<i>Bacillus thuringiensis ssp kurstaki</i> (54 %)	oui	oui
LEPINOX	WG	<i>Bacillus thuringiensis ssp kurstaki</i> (37,5 %)	non	oui
XENTARI WG	WG	<i>Bacillus thuringiensis ssp aizawai</i> (3 %)	oui	oui
ENTONEM	WG	Nématodes entomopathogènes de l'espèce <i>Steinernema feltiae</i> (86%)	oui	non
CONSERVE PRO	SC	Spinosad (120 g/l)	oui	non
TRACER	SC	Spinosad (480 g/L)	oui	non
SUCCESS 4	SC	Spinosad (480 g/L)	non	oui
ALTACOR	WG	Chlorantraniliprole (350 g/kg)	oui	oui
CORAGEN	SG	Chlorantraniliprole (200 g/l)	oui	non
BENEVIA	OD	Cyantraniliprole (100 g/l)	oui	non
DECIS 15 EW	EW	Deltaméthrin (15 g/l)	oui	non
AFFIRM	SG	Emamectine benzoate (0,95 %)	oui	non
STEWART	WG	Indoxacarb (300g/kg)	oui	oui
KARATE ZEON	CS	Lambda-cyhalothrine : 100 g/L	oui	oui
EXALT	SC	Spinétorame 25 g/L	non	oui
HELIOSOL	EC	Alcools terpéniques	non	oui
TREND 90	SL	Alcool isodecylrique ethoxyle : 90 %	oui	oui
SQUAD	EC	Triglycéride éthoxylé 10 OE	non	oui

PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

ADJUVANT (appliqué en association avec un produit phytopharmaceutique)

SC : Suspension Concentrée SL : Concentré Soluble EC : Concentré Emulsifiable WG : Granulé Dispensable
SG : Granulé Soluble CS : Suspension de capsules OD : Dispersion huileuse

Efficacité	bonne	moyenne	faible	aucune
	●	●	●	●

2017

De manière générale, la pression chenille est restée faible sur les essais et les dégâts étaient assez limités. Au PCG, la première notation montre un effet significatif des substances Dipel (*Bt kurstaki*), Benevia (*Cyantraniliprole*) et Affirm (*Emamectine benzoate*) ainsi que des combinaisons Dipel + Xentari (*Bt aizawai*), Decis (*Deltamethrin*) + Xentari et Decis + Tracer (*Spinosad*) par rapport au témoin. La deuxième notation ne révèle pas de différences significatives par rapport au nombre de chenilles présentes. Néanmoins, on observe moins de dégâts pour les modalités traitées avec Benevia, la combinaison Decis + Xentari et la combinaison Decis + Tracer. A l'Inagro, le témoin, les modalités avec le Dipel seul et le Xentari seul sont celles où les dégâts sont les plus importants. Lorsque ces deux produits sont associés, ils donnent de meilleurs résultats. La combinaison de Decis et de Xentari ainsi que le Coragen (*Chlorantraniliprole*) seul a donné de meilleurs résultats.

	Nom commercial	PCG	Inagro
1	Témoin	●	●
2	Tracer / Conserve	●	●
3	Dipel	●	●
4	Xentari	●	●
5	Dipel Xentari WG	●	●
6	Decis Xentari WG	●	●
7	Decis Tracer	●	
8	Benevia	●	
9	Affirm	●	●
10	Coragen		●

2018

A l'Inagro, en raison du faible niveau d'infestation, il n'a pas été possible de mesurer l'efficacité des substances testées. Seul le Conserve Pro (*Spinosad*) a montré un degré d'infestation significativement plus faible que le témoin. Concernant le PCG, on retrouve des teignes des crucifères sur 42 % des plantes dans le témoin. Le Coragen (*Chlorantraniliprole*) et Benevia (*Cyantraniliprole*) sont les produits les plus efficaces contre la teigne des crucifères avec seulement 2 % des plantes atteintes. Pour les modalités Tracer (*Spinosad*) et Affirm (*Emamectine benzoate*), 12 % des plantes sont touchées. Decis 15 EW (*Deltamethrin*), Xentari WG (*Bt aizawai*), Dipel DF (*Bt kurstaki*) ainsi que la combinaison Xentari WG + Dipel DF ont, dans les conditions de cet essai, une action plus faible avec la présence de chenilles sur 25 % des plantes en moyenne. L'efficacité des produits par rapport à la piéride du chou est nettement différente. Dans le témoin, 70 % des choux blancs sont atteints. C'est le Decis 15 EW et le Coragen qui sont les plus efficaces avec en moyenne 5 % et 10 % des plantes occupées par les chenilles. Ensuite, les modalités Dipel DF (12,5 %), la combinaison de Dipel DF + Xentari WG (15 %), Benevia (17,5 %) et Tracer (22,5 %) ont une efficacité intermédiaire. Affirm et Xentari WG n'ont qu'une faible efficacité dans l'essai avec respectivement 45 % et 47,5 % des plantes occupées par des chenilles de piérides du chou. A FREDON, l'espèce la plus présente sur l'essai est la noctuelle du chou, ensuite on trouve les piérides du chou (espèce grégaire). Les noctuelles gamma sont également assez présentes contrairement aux teignes des crucifères, très peu observées sur l'essai. Lors des notations intermédiaires, entre 0 (modalité Xentari + Lepinox) et 60% (témoin) des choux étaient atteints. L'analyse statistique réalisée par modalité en compilant toutes les dates de notation montre que la modalité témoin et la modalité Lépinox (*Bt kurstaki*) sont les plus touchées, suivis par la modalité Xentari. La modalité Xentari + Lépinox associés en même temps est la plus efficace dans cet essai. Dans les conditions de l'essai, les produits semblent avoir eu une efficacité principalement sur les chenilles de noctuelles et de teignes des crucifères. A la récolte toutes les modalités sont statistique-

	Modalité	PCG	Inagro	PLRN	FREDON
1	Témoin	●	●	●	●
2	Conserve / Tracer / Success	●	●	●	
3	Dipel / Lépinox	●	●	●	●
4	Xentari	●	●		●
5	Dipel Xentari	●	●		●
6	Decis Xentari		●		
7	Affirm	●	●		
8	Decis	●			
9	Coragen / Altacor	●		●	
10	Benevia	●			
11	Karaté Zéon			●	
12	Karaté Zéon Dipel			●	
13	Karaté Zéon Success			●	
14	Dipel Success			●	

ment différentes du témoin mais pas entre elles bien qu'il y ait moins de dégâts sur la modalité Lépinox + Xentari. Au PLRN, l'infestation était faible et les analyses statistiques ne permettent pas de conclure sur une réelle efficacité des produits. Les modalités avec du Karaté Zeon (*Lambda-cyhalothrine*) semblent tout de même montrer une efficacité légèrement supérieure aux autres modalités.

Les modalités à base de références chimiques (Coragen, Benevia, Karate Zeon) ont fourni des résultats corrects et similaires à 2017. Cependant contrairement à l'année précédente, les associations de produits à base de Bt ont montré une bonne efficacité comme l'association Dipel / Lepinox + Xentari, combinaison nouvellement testée.

2019

A l'Inagro, une présence importante de chenilles de teigne des crucifères a été constatée dans l'essai pour la première fois le 14 août. Près de 10 chenilles pour 10 plantes ont été observées dans le témoin. Dans les autres modalités, beaucoup moins de teignes des crucifères étaient présentes. Lors de la notation du 26 août, toutes les modalités traitées étaient moins touchées que le témoin. Il y avait 11,5 chenilles et chrysalides de teignes des crucifères par 10 choux dans le témoin. La modalité avec un traitement alterné toutes les deux semaines de Xentari (*Bt aizawai*) et Dipel (*Bt kurstaki*) (n°5 dans le tableau) a obtenu un très bon résultat avec en moyenne de 1,5 teignes par 10 choux. Ce résultat était similaire à celui des références chimiques Coragen (*Chlorantraniliprole*) et Affirm (*Emamectine benzoate*) dans cet essai. Aucune amélioration n'a été observée avec l'ajout d'un adjuvant (Trend 90) à la modalité alternative (n°5 Xentari + Dipel). L'utilisation de demi-doses ne semble pas non plus conseillée. A FREDON, les espèces les plus présentes sur l'essai ont été la piéride de la rave et la teigne des crucifères. Des chenilles de noctuelles du chou ont aussi été régulièrement observées sur la parcelle mais un peu moins présentes que les autres espèces. Lors des notations réalisées tout au long de la campagne, les différences entre les modalités ont montré une présence plus importante de chenilles sur la modalité associant les deux souches de *Bacillus thuringiensis* en même temps mais à demi-dose par rapport aux modalités où les deux souches de Bt étaient appliquées en alternance. Ces différences d'efficacité ont aussi été observées lors de la dernière notation avec la réalisation de notations dégâts sur feuilles et sur pommes. En effet, la modalité associant les deux souches Bt à demi-dose présente plus de dégâts sur feuilles et sur pommes que les modalités où elles sont appliquées en alternance. Peu de différences sont observées entre les modalités où les deux souches de Bt sont appliquées en alternance et avec ou sans ajout d'adjuvant. Tout comme lors des études menées en 2018 à FREDON, aucun impact des produits appliqués n'est observé sur les auxiliaires. Au PLRN, à partir du 6 octobre, les choux-fleurs sont au stade pommaison. L'objectif était de déterminer s'ils sont commer-

	Modalité	PLRN	Inagro	FREDON
1	Témoin	●	●	●
2	Coragen		●	
3	Dipel	●	●	
4	Xentari		●	
5	Xentari Dipel		●	●
6	Trend 90 / Heliosol Xentari Dipel		●	●
7	½ Dipel ½ Xentari		●	●
8	Affirm Trend 90		●	
9	Dipel Heliosol	●		
10	Dipel Success	●		
11	Dipel Heliosol Success	●		
12	Exalt Karaté Zéon	●		

cialisables ou pas. Le refus de commercialisation peut-être du à la présence de chenilles au niveau des côtes ou à des excréments ou morsures sur la pomme. Les choux fleurs les plus impactés sont dans la modalité témoin avec environ 70% de déjection sur la pomme. Les modalités avec les références chimiques sont quand à elles peu touchées par les chenilles et présentent donc moins de déjections. Elles apportent les meilleurs résultats avec respectivement 93 % et 100% de choux-fleurs sains pour les deux dates de notation confondues. Cet essai comparant différentes stratégies de lutte montre l'efficacité des références chimiques (Karate Zeon (*Lambda-cyhalothrine*) alterné avec Exalt (*Spinetorame*)). Les résultats obtenus avec le Dipel DF (alternativement positionné avec du Success 4 (*Spinosad*) ou non) donnent de meilleurs résultats que le témoin et un pourcentage relativement faible de choux-fleurs non commercialisables (3% environ).

2020

A l'Inagro, la pression était assez faible et le premier traitement a été réalisé seulement mi-août, un deuxième traitement a été réalisé une semaine plus tard. Les chenilles les plus présentes sur l'essai étaient la piéride de la rave et quelques espèces comme la noctuelle du chou.

A FREDON, en raison de la faible infestation des différentes espèces de chenilles, les analyses statistiques sont peu significatives. Les traitements impliquant du Dipel (*Bt kurstaki*) ont globalement réduit le nombre de chenilles ainsi que le nombre de pommes présentant des excréments mais on n'ob-

serve pas de différence significative entre les différents adjuvants. L'Entonem (nématodes *S. feltiae*), ne semble pas avoir d'effet sur les chenilles dans les conditions de cette étude.

Au PCG, le Dipel a obtenu de très bons résultats tout au long d'essai. L'ajout d'un adjuvant (Héliosol ou Trend 90) n'a apporté aucune valeur ajoutée par rapport à l'application de Dipel seul. Le Steward (*Indoxacarb*) a permis de maîtriser une population de chenilles modérée. La combinaison de Steward avec l'adjuvant Trend 90 ou avec Dipel a été la plupart du temps meilleure que l'application du produit seul.

Au PLRN, la modalité avec le Dipel seul appliqué tous les 7 jours présente des dégâts sur feuilles très faibles et ce pour les trois dates de notation. En revanche la répartition des classes de choux montre une part assez importante de choux non commercialisables (25%), ce qui prêche à penser que la rémanence du produit n'est pas suffisante pour protéger le plant jusqu'à la récolte (période de 11 jours entre le dernier traitement et la pleine récolte). Le Dipel est efficace mais pas assez rémanent. Les résultats de la modalité avec le Dipel + Héliosol appliqués tous les 7 jours sont similaires à la modalité avec le Dipel seul. La part de choux non commercialisables est un peu plus faible (21,7%) mais l'analyse de la variance n'indique pas de différence significative. L'adjuvant Heliosol n'apporte donc rien au Dipel. La modalité Dipel + Trend 90 appliqués tous les 7 jours présente de moins bons résultats que la modalité avec le Dipel seul concernant le pourcentage de surface foliaire. De plus, la part de choux commercialisables est moins importante même si l'analyse de la variance n'indique pas de différence significative. Le Trend 90 n'apporte rien au Dipel et semble même impacter négativement son efficacité. Concernant la modalité stratégie (alternance Dipel à T1 puis Steward (T1 + 7 jours) puis à nouveau Dipel (T1 + 21 jours) et Steward (T1 + 28 jours)), le Steward a permis de réduire les dégâts sur le feuillage sur l'ensemble des notations. Le Steward a une rémanence plus importante que le Dipel et permet de protéger les choux

	Modalité	FREDON	PCG	INAGRO	PLRN
1	Témoin	●	●	●	●
2	Dipel	●	●	●	●
3	Dipel Héliosol	●	●	●	●
4	Dipel Trend 90	●	●	●	●
5	Steward	●	●	●	●
6	Dipel Steward		●	●	●
7	Neemazal		●	●	
8	Trend 90 Steward		●		
9	Entonem Squad	●			

jusqu'à la récolte. Les résultats concernant la modalité avec le Steward seul appliqué tous les 21 jours sont similaires aux modalités contenant du Dipel. La présence d'excréments est plus importante mais n'est pas statistiquement différente des autres modalités traitées. Le Steward présente la même efficacité que le Dipel. En conclusion, même si l'attaque n'a pas été très forte, l'essai a permis de mettre en évidence la non efficacité des adjuvants sur le Dipel. De plus, il a été montré que le Dipel combiné au Steward est plus efficace que les 2 produits testés seuls.

CONCLUSION

Les produits à base de micro-organismes employés utilisent généralement des sites d'action différents de ceux des insecticides de synthèse. De plus, ils sont souvent peu toxiques pour les animaux à sang chaud. Ils ont un spectre d'action étroit, voire une action spécifique. Les conditions d'emploi sont plus strictes que pour les insecticides traditionnels car pour être efficace les conditions de milieu sont particulières : une température supérieure à 15°C (pour que l'activité des chenilles leur permettent d'ingérer une quantité suffisante de feuilles pulvérisées) et réaliser les applications le soir ou par temps couvert (produit sensible aux UV).

Actuellement, 13 souches de *Bacillus thuringiensis* (Bt) sont utilisées dans l'agriculture mondiale (10 actives sur lépidoptères, 3 sur coléoptères). Elles sont caractérisées par une composition en toxine différentes. *Bt kurstaki* et *Bt aizawai* ont des sites d'action spécifique, il est donc possible de les utiliser en alternance. Ils sont peu efficaces sur les derniers stades larvaires, il faut donc intervenir tôt et renouveler régulièrement l'application.

POUR EN SAVOIR PLUS

La liste des références peut être obtenue sur demande.

- L'association des produits à base de micro-organismes n'apporte pas plus d'efficacité. Il semble préférable d'alterner les produits plutôt que de les associer pour réduire les coûts.
- L'ajout d'un adjuvant ne semble pas améliorer l'efficacité.
- La réduction de dose voit l'efficacité de l'application diminuer.
- Les produits à base de spinosad ont montré une efficacité moyenne dans les conditions des essais.
- Le produit à base de nématodes entomopathogènes n'a pas été efficace dans les conditions de l'essai mené à FREDON en 2020.
- La plupart des insecticides de synthèse tels que le Benevia, le Karaté Zeon, le Decis ont montré des efficacités satisfaisantes dans les essais. Les résultats sont plus nuancés pour le Steward et l'Affirm. Le Coragen s'est bien comporté en 2019 par rapport à 2017 où son efficacité était plus faible.

Il faut tenir compte d'un cahier des charges précis : prendre en compte le stade d'application (réaliser des observations car les jeunes chenilles sont plus sensibles au produit), l'action du produit (contact/ingestion/vapeur...), les conditions météorologiques (T°C , hygrométrie...), et les matières actives (favoriser l'alternance pour éviter les phénomènes de résistance)

INTERCROPPING

¹De Mey J., ¹Pollet S., ²Tack A., ³Durlin L., ³Mollet A.

¹Inagro vzw; ²PCG; ³FREDON Hauts-de-France



Une culture associée comprend plusieurs plantes cultivées côte à côte. En effet, cultiver différentes espèces les unes à côté des autres entraînerait une meilleure utilisation de la lumière et de l'espace avec des effets positifs sur le rendement et sur les pertes potentielles engendrées par des maladies et des ravageurs. La réduction de l'érosion et la diminution des adventices dans le champ sont également des effets positifs possibles.

RECHERCHE DES COMPLÉMENTARITÉS

Le succès d'une culture associée dépend de la complémentarité appropriée entre les cultures concernées. Il s'agit par exemple de rechercher la mise en place de barrières physiques, l'équilibre des différents organes de croissance (parties aériennes et souterraines) ou des effets répulsifs ou attractifs vis-à-vis des bioagresseurs ou des auxiliaires. Ces dernières propriétés ont déjà été décrites à de nombreuses reprises dans la bibliographie. Par exemple, l'odeur du fenouil repousse les altises et les mouches du chou, la mélisse repousse les pucerons et les mouches et l'odeur des oignons ou des poireaux repousse les mouches de la carotte. À petite échelle, de bons résultats sont souvent obtenus en combinant différentes cultures. À grande échelle, tout cela s'avère beaucoup plus complexe et de nombreux facteurs doivent être pris en compte pour combiner avec succès l'association de plusieurs cultures. La faisabilité technico-économique est un facteur important qui déterminera si des combinaisons de certaines cultures pourront être adoptées par les producteurs.

Le projet ECOPAD a permis de rechercher des combinaisons de cultures intéressantes qui pourraient contribuer de manière préventive à lutter contre certains ravageurs dans

la région transfrontalière. Différentes combinaisons ont été réalisées pour lutter contre la mouche de la carotte dans les cultures de carotte et de céleri-rave et contre les thrips dans les poireaux et les oignons.

Inter-cropping	Insecte cible: Mouche de la carotte (<i>Psila rosae</i>)	Insecte cible: Thrips (<i>Thrips tabaci</i>)
2017	carotte - oignon (site: Beitem)	
2018	céleri-rave - poireau (site: Beitem)	oignon – pois mange-tout (site: Audenarde)
2019		poireaux – pois mange tout (site: Menin + Nokere)
2020		oignon – pois-mange tout (site: Beitem + Poeke)

ACTION: LUTTE CONTRE LA MOUCHE DE LA CAROTTE GRÂCE AUX CULTURES ASSOCIÉES

La mouche de la carotte est un important ravageur des ombellifères comme la carotte, le panais et le céleri rave. Sous notre climat, trois générations se succèdent, avec des vols en mai-juin, août-septembre et septembre-novembre. Les oignons sont traditionnellement connus pour leur effet répulsif sur les mouches de la carotte. L'association des ombellifères avec les espèces alliées était donc un choix évident pour les expérimentations. La combinaison de carottes et d'oignons a été testée en 2017 et le poireau et céleri-rave en 2018.

OIGNON - CAROTTE (2017)

Essai en bandes

Dans l'essai, six bandes de 3 mètres de large ont été semées avec de l'oignon (variété Hybelle, 14 avril 2017) et de la carotte (variété Nerax, 17 avril 2017) en alternance. Sur les bords de la parcelle, une bande de 9 mètres de large d'oignons a été semée d'un côté et une bande de carottes a été implantée de l'autre côté pour avoir une référence « monoculture ».



▲ *Photo 1: Six bandes de trois mètres de large ont été semées en alternance avec des oignons et des carottes. (Situation au 31 juillet 2017) (Source : Inagro)*

Les rendements des cultures associées sont similaires à la référence

Le seuil de mouche de la carotte de trois mouches par piège par semaine (pratique courante en Flandre) n'a jamais été dépassé, aucune intervention n'a donc été réalisée contre la mouche de la carotte. En raison du temps sec, le développement des maladies (p.e. oïdium de la carotte) était très limité. Pour étudier la faisabilité pratique, les oignons ont d'abord été récoltés le 2 octobre 2017 puis les carottes le 14 octobre 2017. A ce moment, le troisième vol de la mouche de la carotte n'était pas encore terminé. Il est important de noter que ce troisième vol fait souvent le plus de dégâts. Les carottes ont atteint un tonnage commercialisable d'environ 80 T/ha en culture associée et en monoculture, le rendement des oignons était de 50 T/ha pour la monoculture et de 54 T/ha pour la culture associée. Les dégâts causés par la mouche de la carotte sont restés très limités et il n'y avait pas de différence significative entre la culture associée et la référence « monoculture ».

Pratiquement réalisable avec une bonne planification et quelques modifications techniques

D'un point de vue technique, la réalisation de la culture en bandes ne semble pas prendre nécessairement plus de temps par rapport aux pratiques utilisées en monoculture à condition de disposer de matériel de guidage. En semant avec un GPS, les bandes sont droites et bien positionnées. Il est toutefois conseillé de réaliser les traitements sur les cultures séparément avec une fermeture de tronçons. La récolte est le moment le plus crucial : au moment de la récolte des oignons, le convoyeur vers la remorque doit être maintenu au-dessus des carottes et l'espace de manœuvre est limité. Le déploiement dans la première rangée exige également qu'il y ait un corridor libre pour le transport ou une capacité suffisante dans la trémie sur l'arracheuse.

CÉLERI-RAVE – POIREAU (2018)

Culture en bandes avec alternance de poireaux et de céleris-raves

Lors de l'essai à la station expérimentale de Beitem, quatre bandes d'une largeur de 3 m ont été plantées en alternance avec quatre rangées de poireaux (variété Poulton, 5 juin 2018) et quatre rangées de céleri-rave (variété Markiz, 25 mai 2018). De chaque côté de la parcelle, une bande de 9 m de large de poireaux et une bande de 9 m de large de céleri-rave ont été plantées, représentant le témoin « monoculture » des deux cultures. L'objectif était d'avoir un rendement et une qualité optimaux en utilisant le moins d'intrants chimiques possible.



▲ *Photo 2: Quatre bandes d'une largeur de 3 m ont été plantées en alternance avec du céleri-rave et des poireaux. (situation 3 octobre 2018). (Source : Inagro)*

Le désherbage mécanique est appréciable

En raison d'une éventuelle phytotoxicité, il n'est pas toujours facile d'adapter les différents herbicides à deux cultures différentes. L'entrepreneur ou l'agriculteur peut pulvériser de manière sélective en fermant les tronçons mais le risque de dérive est élevé. La lutte mécanique contre les adventices peut apporter une solution pour garder une parcelle propre. Dans l'essai, les poireaux et les céleris ont été buttés régulièrement. Les céleris-raves ont été désherbés avec une bineuse à doigts souples.

Récolter successivement le céleri-rave et le poireau

Pour que la récolte soit facilitée, il est recommandé de récolter d'abord le céleri-rave, puis les poireaux. L'utilisation d'une récolteuse à bec dans les poireaux implique que les bandes de céleri-rave soient récoltées avant. Lors de la récolte, des différences de rendement et de qualité entre les modalités en culture en bandes et en monoculture ont été notées. Comme la pression exercée par les maladies et les ravageurs était également très faible en 2018, il n'est pas possible de conclure sur l'effet des cultures associées sur les bioagresseurs. Le poireau a atteint un rendement de 35 T/ha (récolte le 19 novembre 2018) et le céleri-rave un rendement de 47 T/ha, que ce soit en monoculture ou en culture associée.

ACTION: CONTRÔLE DES THRIPS GRÂCE AUX CULTURES ASSOCIÉES

Le problème des thrips (*Thrips tabaci*) dans notre région transfrontalière touche de nombreux producteurs d'oignons et de poireaux. Il ressort de la littérature que les légumineuses telles que le trèfle, les haricots et les pois ont le potentiel d'attirer les thrips et donc de les éloigner de la culture principale. Les pois mange-tout comme culture associée ont été choisis en raison de leur côté sucré, les pois mange-tout sont très attractifs pour les thrips, en théorie beaucoup plus attractifs que les oignons. L'hypothèse de départ était qu'en attirant les thrips vers les pois mange-tout, les dégâts dans les oignons seraient limités.

OIGNON - POIS MANGE-TOUT (2018)

Premier test en 2018 avec une bordure dans une parcelle d'oignon

En 2018, la culture associée d'oignons avec des pois mange-tout a été testée pour la première fois. Pour cet essai, quatre rangées de pois ont été semées à côté d'une parcelle d'oignons. L'effet des pois mange-tout sur les dégâts causés par les thrips dans les oignons a été évalué.

Proche des pois, moins de dégâts

Les oignons (variété : Hytech) ont été semés le 26 avril 2018. Le 11 juin, deux bandes d'un mètre et demi ont été cultivées pour ensuite semer les pois mange-tout (variété : Delikett). Il était prévu de semer les pois environ quatre semaines après les oignons afin d'avoir une culture jeune et fraîche sur le champ lorsque la pression des thrips dans les oignons augmenterait. Cependant, en raison du temps sec, les pois mange-tout ont été semés deux semaines plus tard que prévu.

Les dégâts sur oignons ont été évalués à différentes distances de la bordure avec les pois. Une tendance claire a été immédiatement observée : les dégâts causés par les thrips sur les oignons étaient moins importants à proximité des pois mange-tout et augmentaient progressivement à mesure que l'on s'éloignait de la bande de pois mange-tout. Un nombre élevé de thrips a été observé dans les pois. Lors de ce premier test, les pois mange-tout ont réussi à éloigner une partie des thrips des oignons. L'infestation a donc été fortement réduite, surtout dans les 9 premiers mètres à proximité des pois mange-tout.

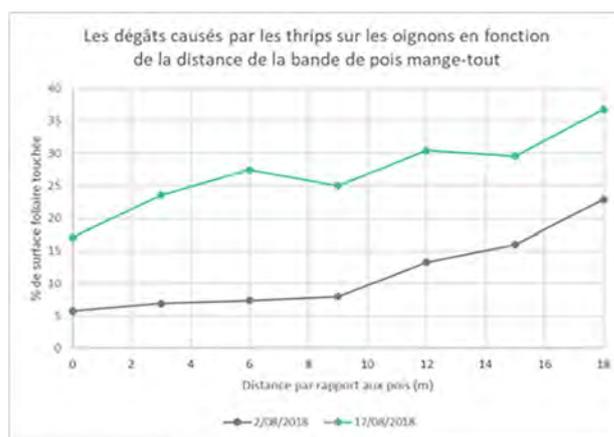
POIREAUX – POIS MANGE-TOUT (2019)

Essai à Nokere et à Menen dans des conditions pratiques

En raison des résultats positifs obtenus avec les pois mange-tout en 2018, le choix a été fait en 2019 d'étudier l'effet de ces pois sur les poireaux. Les dégâts causés par les thrips dans les poireaux sont encore plus préjudiciables au rendement économique des poireaux par rapport aux oignons, car les dégâts se font sur les parties commercialisables. Deux essais ont été mis en place sur deux sites différents. Chaque essai comportait trois parties : un bloc « témoin » dans lequel des poireaux étaient plantés dans les passages de pulvérisation et normalement traités contre les thrips, un bloc avec



▲ **Photo 3:** Pour cet essai, quatre rangées de pois mange tout ont été semées à côté des oignons



▲ **Figure 1:** Les dégâts causés par les thrips sur les oignons en fonction de la distance de la bande de pois mange-tout

des pois mange-tout dans les passages de pulvérisation où aucun traitement n'était appliqué (pour étudier uniquement l'effet des pois mange-tout) et enfin un troisième bloc dans lequel, en plus du semis des pois mange-tout, des traitements contre les thrips étaient également appliqués.

Une correspondance des stades de développement plus compliquée à mettre en place avec une culture de poireaux

La combinaison avec les poireaux a semblé, en pratique, moins évidente qu'avec les oignons. Dans l'idéal, les pois mange-tout doivent attirer les thrips lorsque les poireaux sont plantés et ils doivent être suffisamment gros et attractifs lorsque la population de thrips s'accroît. Pour les poireaux récoltés en automne, c'est possible, mais pour les poireaux d'hiver, cela signifie que les allées de pulvérisation doivent être semées plusieurs semaines avant de planter les poireaux. Et cela n'est pas possible dans la pratique agricole en raison des labours nécessaires sur les parcelles. Le semis des pois a donc eu lieu à peu près en même temps que la plantation des poireaux dans les deux essais. Le semis de pois mange-tout dans les allées de pulvérisation n'a pas apporté de valeur ajoutée aux poireaux par rapport à la situation normale. Au contraire, la présence de cette culture semblait assurer un meilleur maintien de la population de thrips et donc plus de dégâts sur les poireaux. Le bloc non traité présentait une très forte infestation de thrips, avec une infestation plus importante à proximité des pois mange-tout. Les poireaux restent dans le champ plus longtemps que les oignons et peuvent être infestés par les thrips pendant une longue période. On peut supposer que l'attrait des pois est trop court pour protéger suffisamment les poireaux. C'est principalement au début de la culture des poireaux d'hiver, lorsque les pois ne sont pas encore suffisamment développés, et à la fin de la culture, lorsque les pois commencent à mourir, que les thrips semblent avoir une préférence pour les poireaux.

OIGNON – POIS MANGE-TOUT (2020)

Résultats intéressants si la pression reste modérée

Deux essais avec un protocole similaire ont été implantés en 2020. Le climat chaud et sec de 2020 a entraîné une forte pression des thrips dans les oignons. En partie à cause de la très forte pression des thrips, l'essai de Beitem n'a pas permis de mettre en évidence la valeur ajoutée de la culture associée par rapport à la culture d'oignons en monoculture qui semblait être la moins touchée dans l'essai. Cependant, il a été constaté que les pois ont un effet sur la répartition des dégâts causés par les thrips dans la culture. Pendant la floraison des pois mange-tout, on a compté moins de thrips sur les oignons présents dans la partie des cultures associées que dans le reste de l'essai. Dans le champ à Poeke, le potentiel de la culture associée de pois mange-tout dans les oignons a pu être démontré. Avec une pression de thrips faible à modérée, les mêmes résultats ont été obtenus dans le bloc des cultures associées en ne traitant que les pois avec des insecticides (et donc sans traiter directement les oignons) par rapport à la monoculture d'oignon où tout était traité. La culture associée des pois mange-tout et oignon a permis de réduire l'utilisation d'insecticides. Néanmoins, lorsque l'infestation a été plus grave, les traitements dans les passages de pulvérisation uniquement n'étaient plus suffisants, des interventions ont donc



▲
Photo 4: D'un point de vue pratique, les pois mange tout ont été semés dans les passages de pulvérisation d'une parcelle de poireaux.

étaient nécessaire sur toute la culture. La culture associée de pois mange-tout et d'oignon a été moins infestée par les thrips durant toute la durée de l'essai.



▲
Photo 5: Photo aérienne du champ d'essai de Beitem le 4/08/2020, montrant les rangs semés

POUR EN SAVOIR PLUS

La liste des références peut être obtenue sur demande.