

# COMPTE-RENDU DES TRAVAUX EN OLEICULTURE BIOLOGIQUE

*ANNEE 2011*



**Travaux réalisés grâce au soutien de**

**l'AFIDOL**



**Ministère de l'Agriculture**



<p style="text-align: center;"><b>COMPTE-RENDU DES TRAVAUX EN</b> <b>OLEICULTURE BIOLOGIQUE – ANNEE 2011</b></p>
--

## SOMMAIRE

Évaluation de l'efficacité du <i>Beauveria bassiana</i> et du pyrèthre naturel vis-à-vis de la mouche de l'olivier ( <i>Bactrocera oleae</i> ).....	3
Alternatives au cuivre contre le cycloconium de l'olivier.....	7
Élevage artisanal de <i>Metaphycus</i> .....	12
Alternatives au désherbage mécanique sur le rang.....	15
Possibilité de réduction de la verticilliose en Agriculture Biologique.....	27
Développement de plants biologiques.....	31
Effet de régulation écologique de l'inule visqueuse dans les oliveraies Situation bibliographique .....	35
Actions de diffusion.....	38

## Évaluation de l'efficacité du *Beauveria bassiana* et du pyrèthre naturel vis-à-vis de la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*)

**Liliane Gomes, François Warlop - GRAB**

### **OBJECTIF**

*Beauveria bassiana* est un champignon entomopathogène. Le pyrèthre naturel a également montré une action insecticide. Parmi leurs larges spectres d'action, la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*) apparaît comme une des cibles potentielles du champignon et du pyrèthre.

Ces produits pourraient apporter une perspective de lutte en AB aux producteurs certifiés.

L'objectif de cet essai est d'évaluer les efficacités du Naturalis et du Pyrèvert, spécialités commerciales à base de *B. bassiana* et de pyrèthre naturel, respectivement. Ces modalités sont comparées à un témoin non traité et à l'itinéraire du producteur, à base de kaolinite calcinée.

### **MATERIEL & METHODE**

#### **Dispositif expérimental**

L'essai est mené sur un rang d'oliviers de variété Grossane de la parcelle de « Romanin » située à 7 km à l'est de Saint-Rémy-de-Provence (13).

L'oliveraie a été établie en 1999, avec des arbres espacés de 6 x 5 mètres, et convertie en AB en 2007-2010. Les variétés plantées sont Aglandau, Grossane et Salonenque, pour des olives destinées à la production d'huile.

L'essai a été réalisé selon les conditions suivantes :

- Dispositif en blocs randomisés avec quatre répétitions, sur une rangée d'oliviers de la même variété (Grossane).

- Parcelle élémentaire de quatre arbres : les contrôles sont réalisés sur les deux arbres centraux.

Les parcelles élémentaires ont été constituées en fonction de la charge en fruits afin qu'elle soit globalement homogène sur toutes les parcelles.

Deux modalités sont étudiées (hormis celle du producteur) :

<b>Modalités</b>	<b>Produits</b>	<b>Doses (L/ha)</b>	<b>Stades ou périodes d'application</b>
<b>Pyrèvert</b>	pyrèthre naturel	1,5	en période de vol
<b>Naturalis</b>	<i>B. beauveria</i>	1,25	en période de vol
<b>Témoin non traité</b>			

#### **Observation des dégâts**

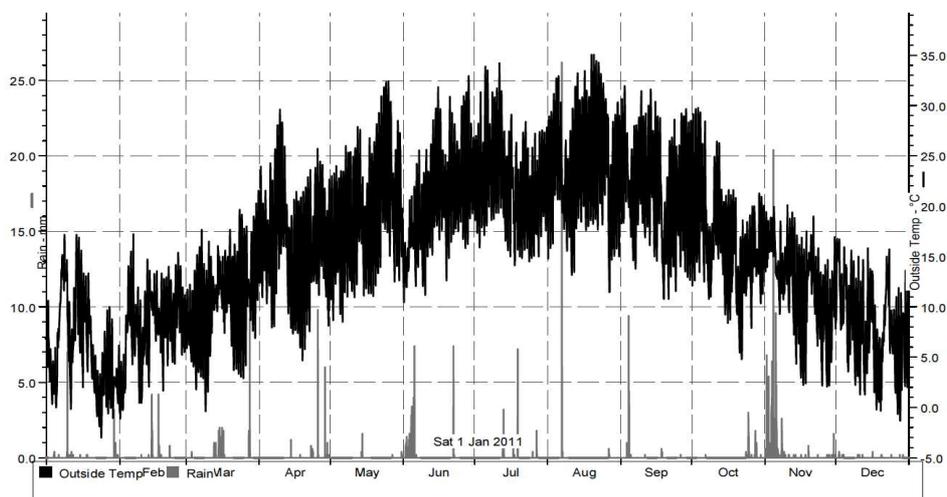
Avant tout traitement, 400 olives par modalité sont observées sur les arbres de même variété.

Trois caractéristiques sont distinguées : olives avec trou de sortie, olives piquées, olives saines.

## RESULTATS

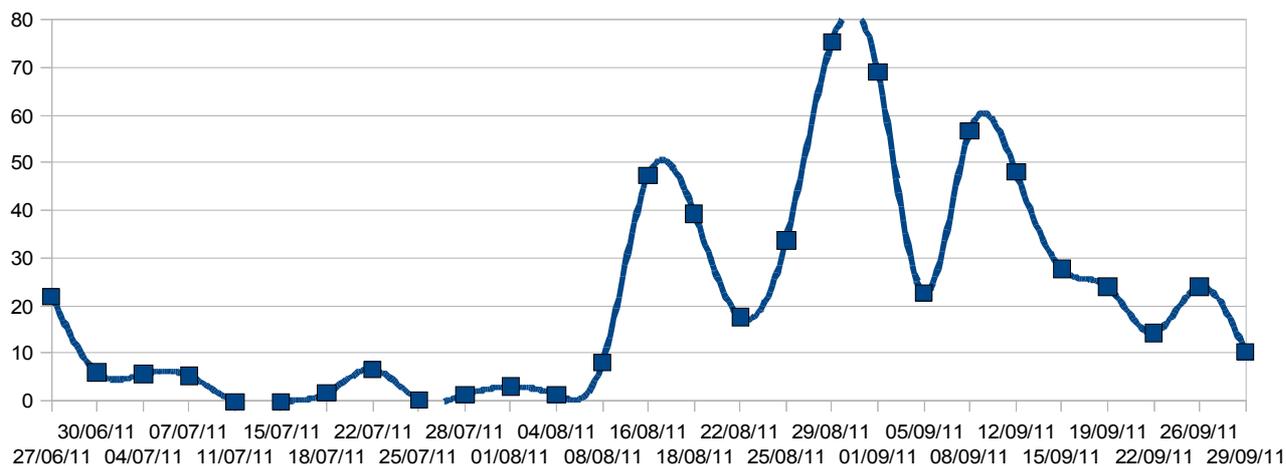
### Conditions climatiques

Cette année est favorable à la mouche de l'olivier étant données les faibles températures moyennes et les taux d'humidités élevées entre juin et juillet. Le graphe ci-dessous montre la succession de pluies enregistrées sur Saint-Rémy-de-Provence au cours du mois de juillet (histogrammes gris), ayant amené des conditions très favorables à la prolifération des mouches en début de saison.



### Courbe de vol de la mouche

Trois pièges chromatiques disposés sur la parcelle ont permis de suivre le début du vol et d'estimer la population de mouche. Voici l'allure de la courbe de vol de la mouche sur la parcelle d'essai :



A la date du 16 août de mise en place de l'essai, trois traitements à base d'argile ont été réalisés par le producteur, le dernier datant du 8 Août 2011.

Voici le calendrier des traitements réalisés par le producteur sur l'ensemble de la saison :

traitements producteur	dosage
28/06/11	50 kg/ha
20/07/11	25 kg/ha
08/08/11	25 kg/ha
22/08/11	25 kg/ha
08/09/11	25 kg/ha
03/10/11	25 kg/ha

Les traitements réalisés par le GRAB pour l'essai ont été réalisés à pulvérisateur à dos, à raison de 833 l/ha. Les dates des traitements sont :

	pyrèthre	naturalis
24/08/11		x
01/09/11	x	x
08/09/11		x
13/09/11	x	
15/09/11		x
23/09/11	x	x
04/10/11	x	x

Les matières actives étant sensibles à la lumière et à la chaleur, les traitements ont été réalisés en fin de journée autant que possible.

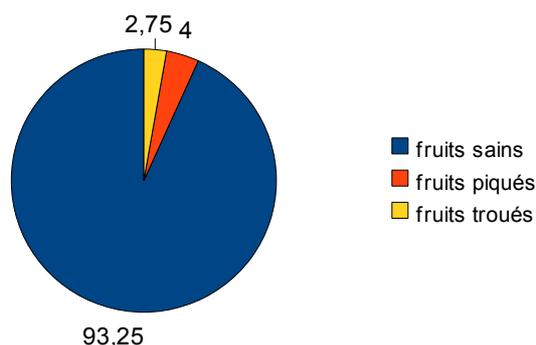
Les conditions biotiques pour une activité optimale de *B. bassiana* sont celles ci :

Activité	Stoppée	Optimale	Stoppée
Température (°C)	< 10	20 à 27	> 35
Humidité relative (%)	< 15	> 50	

La température mesurée lors des traitements semble donc avoir été correcte pour permettre une bonne activité fongicide, et l'hygrométrie (non mesurée) ne doit pas être passée en deçà de 50%, ce qui correspond à un été très sec, ce qui n'est pas le cas en 2011.

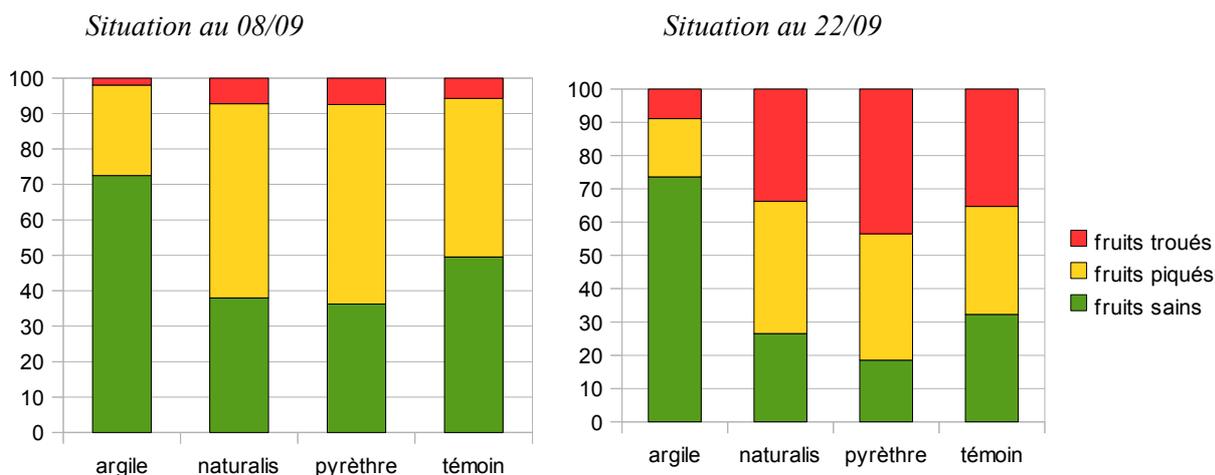
### Comptages des dégâts

Voici les taux d'olives attaquées au 16 août :



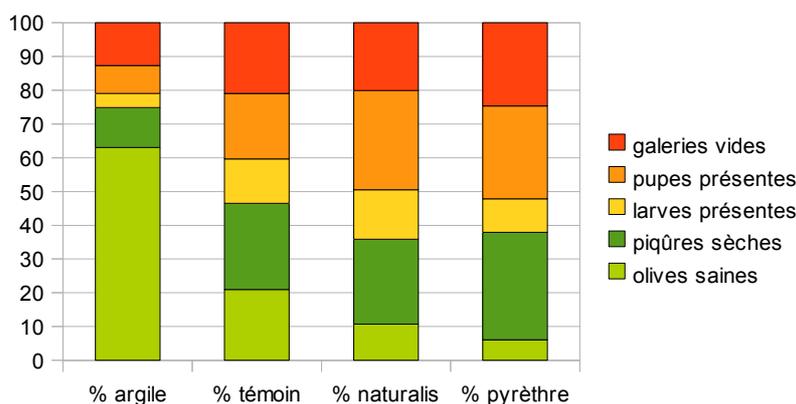
L'été relativement doux et humide (pluies de juillet) occasionne des dégâts précoces, dès le mois d'août. Les trois premières applications d'argile ont permis de contenir l'augmentation des dégâts.

La situation évolue rapidement en septembre et en octobre :



Seule l'argile arrive à maintenir ses performances, tandis que les deux produits alternatifs décrochent et affichent sensiblement les mêmes résultats que le témoin non traité.

*Situation finale au 22/10 :*



## DISCUSSION

En situation exceptionnelle de forte pression, les deux produits alternatifs n'ont pas pu montrer d'intérêt et présentent même plus de dégâts que le témoin en octobre. Ceci est essentiellement lié à une parcelle élémentaire du témoin, en bout de rang, qui présentait très peu d'attaques, ce qui est resté inexpliqué (zone légèrement plus ventée ?).

La firme a en outre précisé avoir observé des problèmes de formulation du Naturalis en 2011, ce qui pourrait expliquer en partie les mauvais résultats rencontrés.

Les résultats obtenus par ailleurs (Italie, Portugal) par Intrachem et ses partenaires, laissent penser que le produit Naturalis a toutefois des potentialités. Il convient de trouver la stratégie qui lui est la plus adaptée sachant que :

- l'hygrométrie ne doit pas être trop faible,
- il faut jusqu'à présent renouveler l'application tous les 7-8 jours.

Des essais de stratégies, associant argile, Spinosad et Naturalis pourraient être mis en place pour déterminer les meilleurs itinéraires et limiter autant que possible l'acquisition de résistances par le ravageur.

## Alternatives au cuivre contre le cycloconium de l'olivier

**Camille Rieux, François Warlop - GRAB**

### CONTEXTE :

Les sels cupriques sont classiquement employés pour lutter contre le cycloconium. Ces apports cumulés d'année en année ont conduit à des teneurs en cuivre dans les sols pouvant atteindre plusieurs centaines de mg de cuivre par kilo de sol, avec des impacts écologiques potentiels sur la flore du sol.

Sur un plan environnemental, l'agriculture biologique, qui s'inscrit dans une volonté d'agriculture durable, ne peut défendre l'utilisation sans raisonnement d'un produit dont on connaît la nocivité sur les sols et la vie qui s'y développe.

Dans ce cadre, nous proposons de travailler dans la recherche d'alternatives au cuivre, moins perturbatrices pour l'environnement. Cette problématique est d'autant plus d'actualité que la dose de cuivre métal autorisée risque de passer de 6kg/ha/an à 4kg/ha/an (avec une dose limitée à 750 g/ha par traitement). L'attente des professionnels est importante, alors que la lutte contre de nombreuses maladies repose essentiellement sur l'usage du cuivre.

### OBJECTIF

Déterminer l'efficacité de différentes préparations contre *Spilocea oleagina*.

- **Modalités étudiées**

Ces différentes matières actives sont issues de travaux précédents sur d'autres cultures (vigne, pommier), de recherches bibliographiques, d'échanges avec des collègues...

Sur les 6 modalités un traitement à l'eau sert de témoin et un autre au cuivre sert de référence. Les autres produits sont déjà utilisés en agriculture biologique ou en attente d'homologation. Il s'agit de fongicides minéraux qui assèchent le milieu et déshydratent les spores avec un rôle possible de barrière physique (Diatomid<sup>®</sup>, Armicarb<sup>®</sup>, Sokalciarbo<sup>®</sup>) et d'une huile à action fongistatique qui freine directement le développement du champignon par déshydratation (Pré-vam<sup>TM</sup>).

Modalité	Matière active	Dose/ha	Dose/plant		
			T1	T2	T3
1	témoin non traité				
2	bouillie bordelaise = cuivre forte dose	2,5 kg/ha	0,04g	0,03	0,04
3	<b>terre à diatomées</b>	20 kg/ha	0.36g	0,14g	0,36
4	<b>Armicarb</b> (bicarbonate de potassium)	5 kg/ha	0,09g	0,07g	0,13
5	<b>Mycosin</b> (argile + poudre de roche)	4 kg/ha	0,45g	0,04g	0,06
6	argile blanche calcinée ( <b>kaolinite</b> )	40 kg/ha	0,57g	0,57g	1,07
7	<b>Prévam</b> (extrait de pépins d'agrumes)	0,80%	0,17g	0,06g	0,11
8	<i>Aureobasidium pullulans</i>	0.60%	0,11g	0,06	0,14

- **Matériel et méthode**

<i>Variété</i>	Cailletier de Nice
<i>Lieu</i>	Station expérimentale GRAB
<i>Type d'essai</i>	Randomisation totale (voir dispositif)
<i>Traitement</i>	Pulvérisateur à main
<i>Densité</i>	Plants en pots
<i>Observations réalisées</i>	Fréquence de l'attaque sur 20 feuilles/plant Intensité de l'attaque

L'essai a été envisagé en pots pour homogénéiser l'infestation par la maladie, limiter les aléas climatiques, et augmenter le nombre de modalités possibles.



Pour l'expérimentation, les plants sont traités 2 jours avant l'inoculation, sauf pour la modalité *Aureobasidium*, traitée en curatif 2 jours après.

### **Préparation de la suspension de spores de *Spilocea oleagina***

La méthode s'inspire de travaux australiens en conditions contrôlées (Obanor, 2007). Les feuilles infestées sont récupérées sur des oliviers adultes, puis mises à sporuler pendant 24h en solution stérile. La suspension de spores de *Spilocea oleagina* est pulvérisée immédiatement sur l'ensemble des feuilles de chaque plant (contamination directe). Une humectation de 14h après l'inoculation est réalisée par brumisation.

Le comptage des spores se fait ensuite à l'aide d'un hématimètre de Malassez, afin de quantifier la présence de spores, et de vérifier leur viabilité.

### **Calendrier des inoculations**

Les modalités expérimentales respectaient les conclusions d'Obanor *et al.* (2008) et de Viruega *et al.* (2011) sur les conditions nécessaires à la germination des conidies : températures oscillant entre 10 et 27°C, épisode pluvieux court (au-delà il y a risque de lessivage) simulé par l'aspersion et humidité maintenue élevée grâce à la brumisation. Deux tentatives d'inoculation ont été faites (voir tableau 1) suivies d'un comptage des feuilles touchées, c'est-à-dire présentant au moins une tache.

Tableau 1 : Calendrier des inoculations

Inoculation	N°1	N°2
Date	27/04/11	11/05/11
Conditions climatiques	Sec, vent faible, 10 à 25°C	Sec, vent faible, 15 à 27°C

Période d'humidité	total : 21h	1h30 + 23h (total : 24h30)
--------------------	-------------	----------------------------

Une première tentative d'inoculation a été faite le 27 avril 2011, sans traitements préalables, pour évaluer l'efficacité de la technique (voir tableau 1). 4 rameaux de 30 à 40 feuilles, prélevés sur des arbres adultes dans un verger non traité, ont été répartis dans le système et fixés tête en haut sur les tuteurs des plants. La brumisation a ensuite été activée pour une durée de 21h ; toutefois nous avons rapidement constaté que les gouttes produites n'étaient pas assez grosses pour que leur impact disperse les conidies. Après 1h30 d'humidification les rameaux ont donc été pulvérisés avec une douchette en direction des autres plants puis retirés du système pour éviter une infestation trop fulgurante. Les jours suivants ont été nuageux, légèrement humides et frais (aux alentours de 20°C) et au bout de 8 jours 11 plants (soit 20 %) présentaient de 1 à 3 feuilles touchées par *Spilocaea oleagina*.

L'essai complet a donc débuté par le traitement des plants le 9 mai 2011, suivi d'une inoculation deux jours plus tard. Les produits de traitement sont appliqués à l'aide d'un pulvérisateur à main jusqu'au début du ruissellement. Leur action ne peut être que préventive : ils empêchent la sporulation ou la germination mais sont inefficaces sur les mycéliums déjà développés. C'est pourquoi les dates de traitement sont primordiales dans le contrôle du champignon (Graniti, 1993). Pour l'inoculation, 6 rameaux ont été introduits dans le dispositif et mis sous pulvérisation pendant 1h30. La brumisation a ensuite été activée pendant 23h en laissant cette fois les rameaux en place. Les jours suivants ont été ensoleillés et chauds (15 à 28°C) pendant 48h, puis nuageux avec quelques averses.

### Résultats

En 9 semaines d'observation, le seuil de traitement (10 % de feuilles touchées) n'a jamais été dépassé et l'infestation ne s'est étendue qu'à une partie des plants (voir tableau 2). Les chiffres obtenus restent faibles et il n'existe pas de différence significative entre les modalités ( $p > 0,05$  pour chaque date).

Tableau 2 : Évolution générale de l'infestation par *Spilocaea oleagina*

Date	Arbres touchés		Nombre de feuilles touchées par arbre *		
	nombre	pourcentage	mini	maxi	médiane
05/05/2011**	11	20 %	1	3	2
19/05/2011	17	30 %	1	4	2
09/06/2011	33	59 %	1	12	2
17/06/2011	29	52 %	1	10	2
23/06/2011	28	50 %	1	10	2
30/06/2011	21	38 %	1	9	2
07/07/2011	17	30 %	1	9	1
14/07/2011	13	23 %	1	8	2

\* Nombre total de feuilles sur un plant : 50 en moyenne au moment de la seconde l'inoculation

\*\* Relevé avant seconde inoculation

Au cours de l'essai mené par López Doncel *et al.* (2000) les taches apparaissent en quantité significative à partir de la 4<sup>ème</sup> semaine, à condition que la température ne dépasse pas 25°C (optimum à 15°C). Dans notre essai les pics de sévérité sont effectivement atteints au bout de 4 à 5 semaines après la seconde inoculation (voir figure 1) mais l'infestation se manifeste beaucoup plus tôt.

Il est possible que des infections latentes ne se soient pas révélées du fait de conditions défavorables, notamment une température trop élevée, mais peu probable qu'elles soient en quantité

suffisante pour une analyse statistique fiable. D'autant plus que l'inoculation par rameaux a entraîné une projection très hétérogène des conidies.

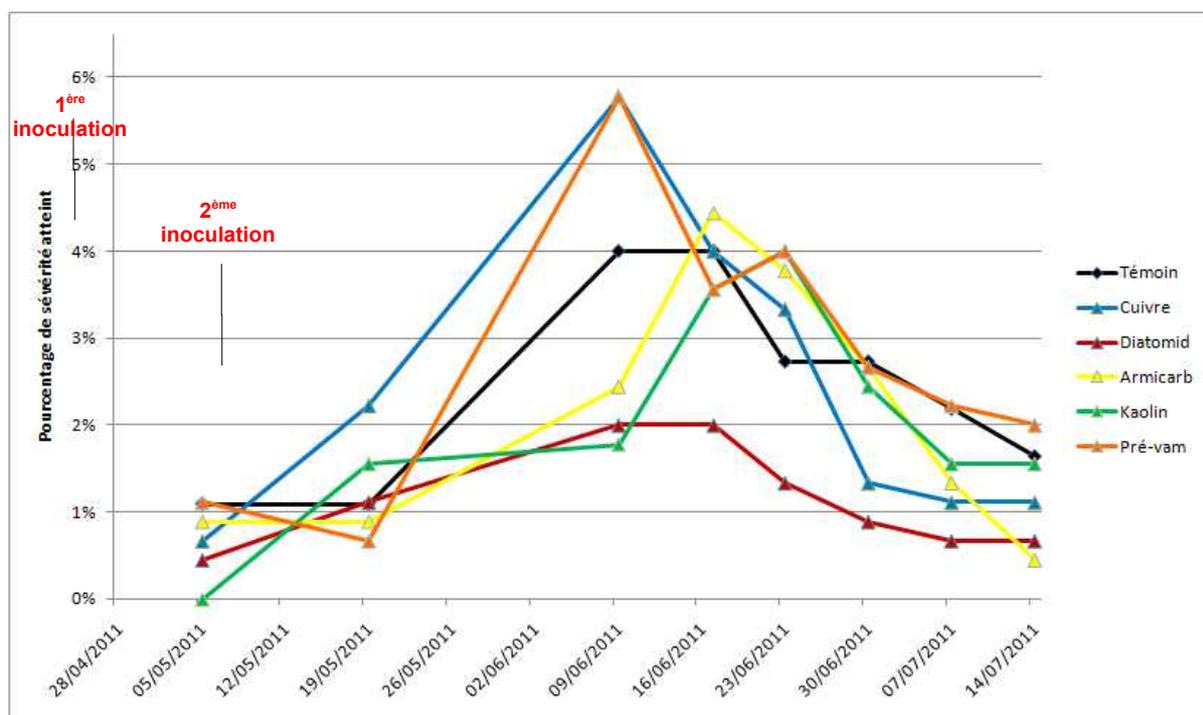


Figure 1 : Sévérité\* de l'infestation pour chaque modalité

\* Calcul pour  $x$  répétitions :  $\frac{\sum n_i}{N_i \cdot x} \cdot 100$  avec  $n_i$  le nombre de feuilles touchées sur  $N_i$  le nombre total de feuilles (50)

Comme on peut l'observer sur les courbes obtenues, les conditions météorologiques étaient plus favorables lors de la première inoculation. La seconde n'a eu que peu d'influence puisque certaines modalités – dont le cuivre – apparaissent comme plus touchées que le témoin. Quoiqu'il en soit, le faible nombre de feuilles atteintes souligne les insuffisances de la méthode d'inoculation. Les plants étant en période de forte croissance, les feuilles les plus touchées ont rapidement été remplacées et sont tombées. Les courbes régressent donc et ne permettent pas d'étudier l'évolution de l'infestation.

## DISCUSSION

Les essais de 2011 ont bénéficié de conditions plus favorables qu'en 2010 mais sont restés malgré tout trop tardifs pour que l'infestation soit très marquée. S'y ajoute le fait que la méthode d'inoculation adoptée restait imparfaite.

La première inoculation avait pour but de valider l'utilisation de rameaux en remplacement de la suspension. Compte tenu de l'absence totale de résultats en 2010, l'apparition très précoce de taches a été considérée comme prometteuse et l'essai a été programmé avant de connaître la densité nécessaire de rameaux pour obtenir une infestation homogène. Le dispositif, qui comptait initialement 180 plants, a été séparé en deux pour continuer la validation du protocole d'infestation sans retarder l'essai mais la saison était déjà trop avancée pour obtenir les conditions adaptées. Une autre erreur a été d'inoculer la totalité du dispositif, futures modalités comprises, ce qui a pu fausser la lecture des résultats.

Quelques ajouts seront nécessaires au protocole actuel pour espérer des résultats lors d'un futur essai. Tout d'abord il est essentiel de programmer l'inoculation et les premières semaines de suivi sur une période climatique plus favorable, ensuite les protocoles d'inoculation et de comptage

devront être corrigés et améliorés.

La température et la pluviométrie sont plus favorables au développement de *Spilocaea oleagina* vers octobre-novembre et février-avril. De plus sur ces périodes la croissance végétative de l'olivier est ralentie voire nulle, ce qui limiterait la chute des feuilles les plus atteintes et faciliterait l'exploitation des résultats.

Malgré les faiblesses de la méthode de l'inoculation par rameaux – nombre de conidies insuffisant et hétérogénéité de la répartition – l'infestation obtenue n'a pas été nulle, ce qui privilégie l'hypothèse d'une mauvaise préparation de l'inoculum pour l'essai de 2010. Il paraît peu plausible que le protocole d'Obanor *et al.* (2005) soit en cause car celui-ci avait obtenu une infestation significative. Les conditions climatiques rencontrées en Nouvelle Zélande sont plus favorables au développement de *Spilocaea oleagina* mais une méthodologie similaire a été utilisée avec succès pour des essais menés en Espagne (López Doncel *et al.*, 2000 ; Viruega *et al.*, 2011). L'erreur semble donc se situer au niveau du délai de sporulation de 48h pendant lesquelles les conidies ont germé, devenant incapables de traverser la cuticule, et n'ont pas fructifié. Il semble judicieux pour un prochain essai de reprendre le protocole d'Obanor *et al.* en prélevant les feuilles infestées le jour même de l'inoculation. S'il est trop contraignant de se procurer du matériel végétal frais, López Doncel *et al.* (2000) et Viruega *et al.* (2011) soulignent la possibilité de faire sécher les feuilles pour un usage ultérieur.

L'échec de l'inoculation de *Spilocaea oleagina* sur oliviers a fait avorter l'essai de cette année mais les causes possibles ont été identifiées et le protocole corrigé en conséquence. Un essai a été programmé *in vitro* en attendant le retour de conditions météorologiques favorables.

Si au terme de ces essais, l'efficacité d'un ou plusieurs des produits testés est confirmée, d'autres paramètres devront être vérifiés avant homologation. Des essais en plein champs serviront notamment à évaluer leur durée de vie et leur résistance au lessivage. Dans certains cas, les conseils de préparation des bouillies pourront également être corrigés pour améliorer l'adsorbance sur feuilles jeunes. Enfin d'un point de vue technique, améliorer la connaissance du cycle de vie de *Spilocaea oleagina* et surtout du mode de pénétration de la cuticule par les spores permettrait d'adapter les modalités de traitement pour optimiser la protection phytosanitaire.

## Élevage artisanal de *Metaphycus*

**Benoît Chauvin-Buthaud (CA de la Drôme)**  
**François Warlop (GRAB)**

### OBJECTIF :

Suite à l'arrêt de la production semi-industrielle par Koppert et Biotop (pour des raisons essentiellement économiques), et devant l'impossibilité des oléiculteurs de se fournir en insectes auxiliaires sur le marché, nous proposons de réactualiser le mode de production "à la ferme" de cet auxiliaire, un savoir-faire des années 80 qui s'est perdu par la suite.

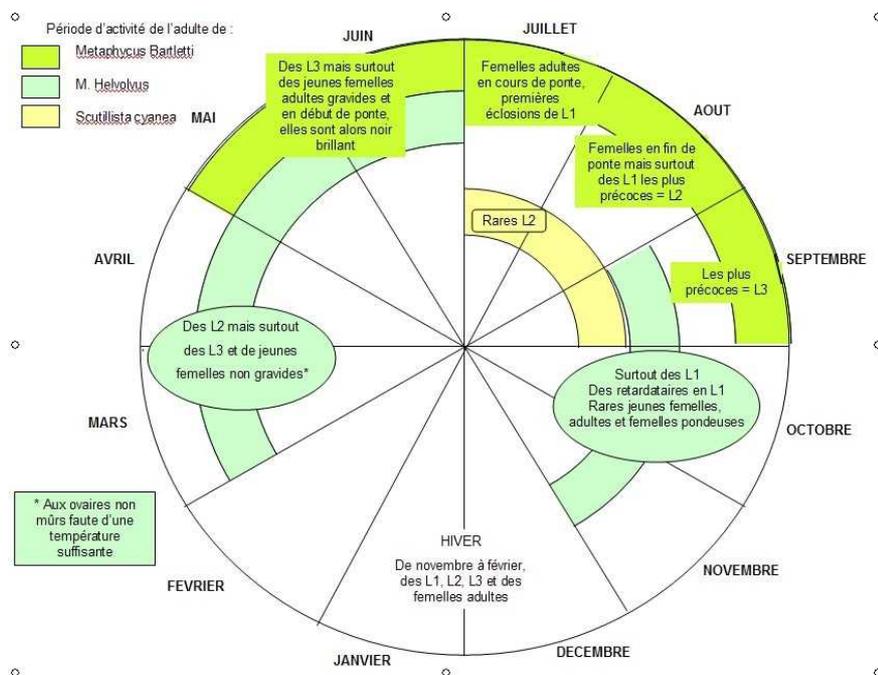
### CONTEXTE :

La cochenille noire pullule par périodes, et peut vite devenir problématique certaines années, quand les mesures prophylactiques n'ont pas suffi (taille et fertilisation adaptée notamment).

Dans une réflexion générale de réduction des intrants, il nous a semblé intéressant de redévelopper des capacités d'autonomisation aux producteurs, pour leur donner les moyens de s'affranchir de produits de traitement phytosanitaire. La lutte biologique avec *Metaphycus lounsburyi* contre la cochenille noire fait partie des très rares cas de lutte biologique réussie en milieu ouvert, il est donc justifié et pertinent de permettre aux producteurs de l'utiliser.

### METHODE :

Nous nous sommes inspirés des travaux d'André Panis<sup>1</sup> et de l'Afidol, pour redémarrer un élevage de cochenille noire sur plante hôte (laurier rose). Les plants de laurier ont été élevés sous cage et des rameaux infestés de jeunes larves ont été introduits de façon à infester les jeunes plants.



Le cycle biologique, conçu à l'époque par André Panis est utile pour mettre en place l'élevage et les

<sup>1</sup> Lutte biologique contre la cochenille noire dans le cadre de la lutte intégrée en oléiculture française. Symbioses (1983), vol. XV, n°2

infestations/colonisations au moment opportun.

L'élevage comprend trois étapes :

1. Mise en culture de laurier-rose au printemps,
2. Implantation des cochenilles en été,
3. Installation des *Metaphycus* en fin d'année

En 2010, un premier test a été réalisé sur des lauriers en pots, installés sous cage. Ces lauriers ont rapidement été colonisés par l'acarien jaune tétranyque, et les tentatives d'installation de la cochenille noire n'ont pas été fructueuses, malgré les vaines tentatives de suppression des populations d'acariens.

En 2011, l'exploitation de Régine Brès (Drôme) a été choisie pour sa technicité, et pour son intérêt dans cette mise en place nécessitant un peu de disponibilité. Une serre de 100 m<sup>2</sup> a été installée en bordure d'un champ d'olivier. La couverture de la serre est assurée par un filet insect-proof.



Au printemps 40 lauriers-roses ont été mis en pleine terre et fertilisés.

A partir de juin, des larves de cochenilles (stade optimal L2/L3) ont été prélevées en vergers infestés, et introduites en trois fois au cours de juillet-août.



## RESULTATS

Lors de cette première année de mise en place, l'implantation des cochenilles a été plutôt faible, en partie en raison de la difficulté à trouver des foyers de larves importants en 2011, et peut-être en raison d'un 'terrain' peu propice à leur installation. Cette opération sera renouvelée en 2012, avec une vigueur et une pousse des lauriers plus propices à leur installation.

La mise en place des conditions d'élevage demande un investissement en temps et moyens financiers jugés raisonnables pour le producteur, au regard des bénéfices qu'il peut en retirer.

L'implantation rapide des cochenilles ne semble toutefois pas acquise.

L'intérêt professionnel pour l'insecte auxiliaire a été assez modeste ces dernières années, car on se trouvait dans une phase de régression globale des populations de cochenilles. Cependant, depuis 2010 et 2011, on entend des remontées de terrain concernant des recrudescences de la cochenille noire sur certains bassins, et on peut craindre des apparitions massives, liées au cycle biologique ravageur étalé sur plusieurs années, en 2012 et 2013, et ce d'autant plus que le Synéïs utilisé depuis quelques années, présente des **effets secondaires importants** et connus sur les hyménoptères, donc sur le cortège de parasites indigènes de la cochenille.

Ce travail de réappropriation technique nous paraît donc avoir sa pertinence dans le contexte actuel, même s'il ne conviendra pas à tous les producteurs (faute de temps ou de motivation), et même si sa mise en œuvre n'est pas de première facilité...

## Alternatives au désherbage mécanique sur le rang

Camille Rieux, François Warlop - GRAB

### CONTEXTE

Du fait de l'absence d'herbicides homologués en agriculture biologique, les arboriculteurs ont recours au travail mécanique pour désherber les vergers. Or, bien que cette technique permette d'obtenir des inter-rangs « propres » et supprime toute concurrence envers l'arbre, ses coûts écologiques ne sont pas négligeables : érosion des sols, tassement et formation d'une semelle de labour, ruissellement, lessivage des minéraux et des produits phytosanitaires. C'est pourquoi le développement d'une agriculture *durable* encourage de plus en plus le recours au couvert végétal.

### PROBLEMATIQUE

Planter un couvert végétal permanent présente de nombreux atouts. Il stabilise la structure du sol et limite le ruissellement ce qui permet de réduire les phénomènes d'érosion (Toscano *et al.*, 2004 ; Foraster *et al.*, 2005 ; Gómez *et al.*, 2009) et de lessivage (Romet, 2006). Il apporte et maintient un taux plus important de matières organiques (Pardini *et al.*, 2002 ; Toscano *et al.*, 2004) et tamponne la température du sol (Tschabold, 2004). Il augmente et diversifie la pédoflore et la pédofaune (Pardini *et al.*, 2002 ; Tschabold, 2004) ce qui bénéficie potentiellement à la fertilité du sol et aux mycorhizes. Selon les espèces végétales qu'il accueille, le couvert peut également attirer des auxiliaires plus généralistes (Pardini *et al.*, 2002) ce qui pourrait augmenter la biodiversité fonctionnelle.

Au niveau des arbres, l'enherbement diminue l'alternance de production entre les années (Toscano *et al.*, 2004). Gomez & Mercier (2008) posent également l'hypothèse qu'en jouant un rôle de tampon sur l'apport en eau, le couvert végétal assure une croissance plus régulière des fruits, diminuant par là même les microfissures qui servent de portes d'entrée à certains champignons. Cet argument concerne principalement les maladies de conservation, or l'huile d'olive est pressée directement après récolte. Reste que l'enherbement évite que les olives soient souillées par la boue ou la terre pendant la récolte au sol et améliore donc la qualité de la production (Pardini *et al.*, 2002).

Malgré ces avantages, une mauvaise gestion du couvert végétal entraîne des inconvénients peu appréciés. Cela peut bien sûr entraîner de la concurrence vis-à-vis de l'eau (Tschabold, 2004 ; Spring & Delabays, 2006) et des éléments minéraux (Delabays *et al.*, 2006), surtout sur les jeunes arbres ou lorsque les cycles de vie des végétaux sont synchrones. Mais cela peut également rendre les arbres plus sensibles aux gels de printemps ou attirer des campagnols (Tschabold, 2004 ; Romet, 2006). Sur oliviers la présence de certaines espèces végétales peut également avoir pour conséquence une multiplication des attaques de Verticilliose (Saavedra *et al.*, 2010).

En arboriculture, l'enherbement est déconseillé pendant les 3 premières années du verger car la compétition avec les jeunes plants est trop forte (Romet, 2006) cependant en oliveraie les oliviers plantés sont déjà âgés de 2 ans et la sensibilité est moindre (Pardini *et al.*, 2002). De plus la concurrence hydrique peut être limitée par l'augmentation du nombre de fauchage, qui réduit la hauteur des adventices et l'étendue de leur réseau racinaire (Pardini *et al.*, 2002). De nombreux auteurs conseillent toutefois de sélectionner les espèces, en portant attention à leur cycle biologique et à leurs capacités de développement, afin de profiter des avantages du couvert végétal tout en limitant ses effets négatifs (Delabays *et al.*, 2000 ; Pardini *et al.*, 2002 ; Gómez *et al.*, 2009).

Des études menées en oliveraie sur 2 ans (Foraster *et al.*, 2005) et sur des vergers de pommiers (7 ans, Romet, 2006) et d'abricotiers (6 ans, Ondet, 2010) ont montré qu'en comparaison avec un enherbement spontané, un couvert semé n'influence pas significativement les rendements de la culture et les taux de

nitrate dans le sol. Toutefois l'infiltration de l'eau est meilleure et la structure du sol plus aérée sous les couverts les plus denses, tel que la Fétuque (Romet, 2006).

L'intérêt primordial du couvert semé est de favoriser les espèces auxiliaires et d'empêcher l'implantation d'adventices susceptibles de concurrencer la culture, d'héberger ses ravageurs, de propager des maladies communes ou de gêner l'accès à la parcelle.

La composition des haies n'est également pas à négliger car elles accueillent de nombreux auxiliaires dont certains sont communs à l'olivier : *Quercus ilex* (Chêne vert) et *Dittrichia viscosa* (Inule visqueuse) accueillent par exemple un antagoniste potentiel de la Mouche de l'olive (Campos & Civantos, 2000 ; Warlop, 2006). Certaines oliveraies encore entourées d'une importante végétation de garrigue pourraient donc être moins sensibles aux infestations de ravageurs.

#### **Importance de la Verticilliose :**

L'implantation d'un couvert semé doit tenir compte d'une maladie très problématique en oliveraie : *Verticillium dahliae*. L'enherbement permanent est une des méthodes préconisées pour limiter la contamination de la parcelle, à condition de sélectionner des espèces qui ne soient pas sensibles à ce champignon car chaque plante infectée multiplie l'inoculum. Globalement sont considérées comme espèces « à risque » la plupart des Astéracées et certaines espèces de l'ordre des Caryophyllales, qui peuvent être infectées, ainsi que les Fabacées, qui en apportant de l'azote augmentent la vigueur des arbres et donc leur attrait. Au contraire on favorisera les Poacées (Graminées), qui sont considérées comme immunisées, et les Brassicacées (Crucifères) qui limitent la production d'inoculum grâce à leurs composés soufrés. Afin d'étudier cette possibilité, le GRAB a lancé cette année un essai de biofumigation avec de la Moutarde blanche (*Sinapis alba*) destinée à être enfouie à l'automne.

## **MATERIELS & METHODE**

Un essai en oliveraie a été mis en place en 2008. Le but était d'évaluer l'efficacité de recouvrement de différentes espèces et mélanges proposés dans le commerce. A terme cet essai permettra de proposer aux oléiculteurs un panel de variétés couvre-sol d'un intérêt agronomique supérieur à l'enherbement spontané.

### **Dispositif expérimental**

L'essai est mené sur deux rangs d'oliviers de variété Salonenque de la parcelle de « Romanin » située à 7 km à l'est de Saint-Rémy-de-Provence (13). L'oliveraie a été établie en 1999, avec des arbres espacés de 6 x 5 mètres, et convertie en AB en 2007-2010. Les variétés plantées sont Aglandau, Grossane et Salonenque, pour des olives destinées à la production d'huile.

15 modalités sont comparées avec 1 répétition par rang. La surface ensemencée est de 2m x 2m (4m<sup>2</sup>) autour de chaque arbre. Les modalités sont testées sur des blocs de 1 à 6 arbres séparés par un arbre intermédiaire laissé en enherbement spontané (voir annexe).

Le semis a été réalisé le 7 octobre 2008 à la volée sur un terrain préalablement travaillé à la herse étrille pour préparer un lit de semence. Un passage de rouleau devait ensuite améliorer le contact des graines avec la terre et les enfouir partiellement, mais le matériel a cassé au bout d'une dizaine de mètres et faute de solution de remplacement, le sol a été laissé en l'état. Une pluie a toutefois suivi le semis le 8 octobre.

Le climat est méditerranéen avec une moyenne de précipitations annuelles de 790 mm, concentrées principalement sur la fin d'automne - début d'hiver, et une température moyenne annuelle de 9-20°C. Le sol est argilo-limoneux calcaire : argile 19,1 %, carbonates 8,9 % (pH eau 8,4), matières organiques 2,32 %. Il a toujours été maintenu enherbé sur l'axe des arbres tandis que l'inter-rang n'est plus désherbé depuis la conversion en AB. Le couvert végétal est entretenu par pâturage deux fois par an, au printemps et à l'automne. L'oliveraie est irriguée en été par un système de goutte-à-goutte : 20 litres par jour pendant 3 mois et demi (moins cette année car les pluies ont été plus nombreuses et l'irrigation a souvent été stoppée). La fertilisation est assurée par un apport de compost à l'automne.

### **Choix des modalités**

Pour contourner les effets négatifs de l'enherbement, il est préférable de favoriser les espèces annuelles d'hiver ou les pérennes à faible croissance estivale (Delabays *et al.*, 2000 ; Spring & Delabays, 2006). La

concurrence doit surtout être limitée pendant la reprise de croissance de l'olivier, de mai à juillet.

Les modalités testées ici sont composées de 4 mélanges et 11 monospécifiques (voir tableau 3). Les espèces ont été choisies sur conseils de botanistes pour certaines caractéristiques : variétés xérophiles adaptées au climat, peu exigeantes en eau et en nutriments, vivaces et possédant une bonne capacité de recouvrement. La concurrence avec les arbres n'a pas été mesurée car elle a été considérée comme non significative du fait de la faible surface couverte par les répétitions.

Tableau 3 : Détail des différentes modalités\* de l'essai « enherbement » et densités de semis

Modalité « Mélange Rustique »	1,5 g/m <sup>2</sup>	Modalité « Mélange Saxicole »	4,7 g/m <sup>2</sup>
Achillée millefeuille, <i>Achillea millefolium</i>		Achillée millefeuille, <i>Achillea millefolium</i>	
Centaurée, <i>Centaurea cyanus</i>		Arabette alpine, <i>Arabis alpina</i>	
Céraiste tomenteux, <i>Cerastium tomentosum</i>		Céraiste tomenteux, <i>Cerastium tomentosum</i>	
Chardon bleu, <i>Echinops ritro</i>		Corbeille d'or, <i>Allyssum saxatile</i>	
Coquelicot, <i>Papaver rhoeas</i>		Corbeille d'or, <i>Aurinia saxatilis</i>	
<i>Coreopsis sp.</i>		Coronille, <i>Coronilla valentina glauca</i>	
Lin bleu, <i>Linum perenne</i>		Coquelicot, <i>Papaver rhoeas</i>	
Mauve, <i>Malva sylvestris</i>		Fétuque ovine, <i>Festuca ovina</i>	
Nepeta, <i>Nepeta cataria</i>		Nigelle, <i>Nigella damascena</i>	
Pavot de C., <i>Escholtzia californica</i> Cham.		Pimprenelle, <i>Sanguisorba minor</i>	
Souci, <i>Calendula officinalis</i>		Plantain lancéolé, <i>Plantago lanceolata</i>	
Valériane des jardins, <i>Centranthus ruber</i>		Saponaire, <i>Saponaria sp.</i>	
<b>Modalités monospécifiques</b>		<i>Sedum sp.</i>	
Achillée odorante, <i>Achillea odorata</i> 750 graines/m <sup>2</sup>		Thym, <i>Thymus vulgaris</i>	
Cupidone bleue, <i>Catananche caerulea</i> 62 graines/m <sup>2</sup>		<b>Modalité « Mélange CBN »</b>	
Epervière piloselle, <i>Hieracium pilosella</i> 0,7 pied/m <sup>2</sup>		<i>Helianthemum apenninum</i> [L.] Miller	11 g/m <sup>2</sup>
Fétuque ovine, <i>Festuca ovina</i> 1,5 g/m <sup>2</sup>		Queue de lièvre, <i>Lagurus ovatus</i>	9 g/m <sup>2</sup>
Fétuque rouge, <i>Festuca rubra trichophylla</i> 4,7g/m <sup>2</sup>		Trèfle pied-de-lièvre, <i>Trifolium arvense</i>	4 g/m <sup>2</sup>
Linaire striée, <i>Linaria repens</i> [L.] Miller 50 graines/m <sup>2</sup>		<b>Modalité « Mélange Luzernes »</b>	<b>2,4 g/m<sup>2</sup></b>
Marguerite, <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 1000 graines/m <sup>2</sup>		Luzerne polymorphe, <i>Medicago polymorpha</i>	
Pâturin, <i>Poa flaccidula</i> Bois. & Reuter 50 graines/m <sup>2</sup>		Luzerne de Gérard, <i>Medicago rigidula</i>	
Sainfoin, <i>Onobrychis viciifolia</i> Scop. 25 graines/m <sup>2</sup>		Luzerne tronquée, <i>Medicago truncatula</i>	
Sauge fausse-verveine, <i>Salvia verbanaca</i> 25 graines/m <sup>2</sup>			
<i>Helianthemum apenninum</i> [L.] Miller 62 graines/m <sup>2</sup>			

\* Les mélanges rustique et saxicole ont été achetés chez un semencier (Plan SPG) ; les autres variétés ont été fournies par le Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles (CBNMED) excepté pour les Luzernes qui ont été sélectionnées et fournies par l'INRA de Mauguio. Les plantes ont toutes été semées excepté l'Epervière piloselle qui a été livrée en godets et plantée.

Les Poacées, ou graminées, présentent une forte croissance qui nécessite de fréquents broyages mais accueillent de nombreux auxiliaires (Delabays *et al.*, 2006). Elles offrent une bonne alternative à condition d'éviter les pérennes qui sont trop concurrentielles et trop compactes pour le fauchage.

La concurrence entre les arbres et les Fabacées, ou légumineuses, est compensée par l'apport d'azote qu'elles relâchent en été après leur floraison (Romet, 2006 ; Spring & Delabays, 2006 ; Gomez & Mercier, 2008) et peut également être diminuée par l'utilisation d'espèces annuelles. Les cultivars de la modalité « luzernes » sont appropriés aux sols calcaires et ont été sélectionnés par l'INRA de Mauguio (34) pour leur résistance accrue au froid qui favorise leur pérennisation.

Des espèces florifères, notamment des Astéracées, ont également été testées pour attirer un plus grand nombre d'auxiliaires. Les plantes peuvent leur fournir du nectar ou d'autres proies (Campos & Civantos,

2000 ; Van Helden *et al.*, 2004), ce qui permettrait aux auxiliaires de se maintenir sur la parcelle toute l'année.

### **Protocole appliqué aux relevés**

Les semis ont été effectués en automne 2008, les premiers suivis botaniques ont débuté au printemps 2009. L'observation sur plusieurs années permet d'évaluer le recouvrement offert par chaque modalité et leur rapidité d'implantation.

Les relevés se font sur une largeur de 1m de part et d'autre des arbres de la répétition. Le pourcentage de recouvrement est évalué visuellement pour chaque espèce identifiée, semée ou spontanée. Est considérée comme spontanée toute espèce n'appartenant pas au semis de la modalité observée.

## **RESULTATS**

Le suivi botanique de 2009 permet d'identifier les espèces les plus promptes à s'installer et à se maintenir en hiver.

Les relevés réalisés en 2010 et 2011 sont quantitatifs et plus réguliers mais se concentrent essentiellement sur la période estivale (mai à septembre), saison pendant laquelle la concurrence hydrique est la plus forte.

A partir de 2010, la proportion de sol nu a été prise en compte dans les relevés, ce qui permet d'évaluer l'impact de la faune sur le couvert végétal. En effet l'oliveraie est régulièrement visitée par des sangliers qui en cherchant leur nourriture labourent de larges bandes de terre. A l'été 2011, c'est la proportion de paillis qui a été identifiée, ce qui permet d'estimer les risques de concurrence hydrique. Les *Bromus* relevés en juillet 2010 ont également été classés par déduction comme paillis.

### **Synthèse des trois années d'observation**

Le tableau 4 regroupe les résultats des relevés botaniques effectués entre 2009 et 2011 sur les deux rangs (relevés complets disponibles). Il permet d'apprécier la pérennité des différentes espèces et l'évolution de leur recouvrement au fil des saisons et d'une année à l'autre.

Les espèces n'ayant pas levé ou ayant levé sur une très courte période et n'offrant pas un recouvrement remarquable ne disposent pas des qualités recherchées et ne seront donc pas traitées.

Comme on peut l'observer certaines répétitions ne se sont pas développées de façon simultanée, ce qui laisse supposer une hétérogénéité dans le semis ou dans la parcelle. Une explication plausible est liée à la topographie : selon l'oléiculteur l'humidité s'accumule au centre des rangs, un fait corroboré par l'observation visuelle puisque la végétation est plus rase sur les bordures (en mai : 20 cm en bordure contre 50 cm au centre). Les nombreux sangliers qui retournent le terrain depuis plusieurs années perturbent également fortement le développement normal des recouvrements.

Ces particularités ont pu influencer sur l'implantation de certaines espèces, notamment l'Épervière piloselle.

**Parmi les espèces s'étant maintenues plusieurs années on peut distinguer celles qui bénéficient d'une levée rapide – dès le printemps 2009 (Achillée millefeuille, Achillée odorante, Coquelicot, Fétuque ovine, Nigelle, Pimprenelle, Sauge fausse-verveine) ou à l'hiver (Luzernes, Sainfoin, Souci) – et celles qui n'ont germé que l'année suivante (Coronille, Cupidone, Queue de lièvre, Sauge, Thym, Trèfle pied-de-lièvre).**

Seules quelques espèces offrent un recouvrement relativement important : l'Achillée odorante, la Pimprenelle et le Souci ; et pour une seule répétition : l'Achillée millefeuille, l'Épervière piloselle et les Luzernes. Il pourrait être intéressant de tester une densité de semis plus élevée pour les espèces s'étant moins bien développées. Dans l'état actuel, leur taux de recouvrement dépasse rarement les 5 % et elles ne peuvent être envisagées qu'en mélange avec des espèces plus couvrantes pour apporter de la biodiversité. Cette possibilité sera à étudier selon le prix des graines.

**A noter que deux espèces ne paraissent pas adaptées : le port arbustif de la Coronille pourrait poser problème au moment de la pose des filets pour la récolte des olives ; quant à la Fétuque ovine, elle n'apprécie pas les forts ensoleillements (Romet, 2006) et son développement sera lié à l'ombrage**

**apporté par les arbres.**

Tableau 4 : Synthèse des relevés botaniques des années 2009, 2010, 2011

<b>Rang 1</b>		avril	mai	juin	juillet	août	sept.	déc.
<b>Espèces observées</b>								
Achillée millefeuille (S)	2009							x
	2010		x	x	x			
	2011	x	x	x	x	5		
Achillée odorante (M)	2009							x
	2010		30	30	15		30	
	2011	40	30	25	25	25		
Centaurée (R)	2009			x				
	2010			-	-			
	2011			-	-			
Ceraiste (S)	2009							
	2010		x					
	2011		-	-	-			
Coquelicot (R)	2009			x				
	2010		x	x	x			
	2011	x	x	x				
Coquelicot (S)	2009			x				
	2010		x	x				
	2011	x	x					
Coreopsis (R)	2009							
	2010			x				
	2011			-	-			
Coronille (S)	2009							
	2010							
	2011	x	x	x	x	x		
Cupidone bleue (M)	2009							
	2010			x	x		x	
	2011			-	-	x		
Epervière piloselle (M)	2009			x				x
	2010			-	-			
	2011	x	x	-	x			
Fétuque ovine (S)	2009							x
	2010			x				
	2011	x		x		x		
Fétuque ovine (M)	2009			x				?
	2010			-	-			
	2011		x	x		x		

<b>Rang 2</b>		avril	mai	juin	juillet	août	sept.	déc.
<b>Espèces observées</b>								
Achillée millefeuille (S)	2009			x				
	2010		10	10	5		10	
	2011	30	30	5	20	30		
Achillée odorante (M)	2009			x				
	2010			25	25	10	5	
	2011	30	20	10	10	10		
Centaurée (R)	2009			x				
	2010			-	-	x		
	2011			-	-	-		
Coquelicot (R)	2009							
	2010		x	x	x			
	2011	x	x					
Coquelicot (S)	2009			x				
	2010		x	x				
	2011	x	x					
Coronille (S)	2009							
	2010			x				
	2011	x	x	x	x	x		
Cupidone bleue (M)	2009							
	2010							
	2011					x		
Epervière piloselle (M)	2009			x				x
	2010			25	25	5	10	
	2011	30	10	x	10	20		
Fétuque ovine (S)	2009							
	2010							
	2011	x	x					
Luzernes (L)	2009			x				
	2010			-	x			
	2011	5	x	x				

<b>Rang 1</b>		avril	mai	juin	juillet	août	sept.	déc.
<b>Espèces observées</b>								
Hélianthème (M)	2009			x				
	2010			-	-			
	2011			-	-			
Luzernes (L)	2009							x
	2010		50	30				
	2011	20	x	x				
Nigelle (S)	2009			x				
	2010		x	x	x			
	2011	x	5	x	x			
Pâturin flasque (M)	2009			x				
	2010			-	-			
	2011			-	-			
Pimprenelle (S)	2009			x				x
	2010		60	35	15		30	
	2011	60	30	20	10	5		
Plantain (S)	2009							
	2010		x					
	2011	x					x	
Queue de lièvre (C )	2009							
	2010		x	5	x			
	2011		-	-	-			
Sainfoin (M)	2009							x
	2010		x					
	2011		-	-	-			
Sauge fausse-verveine (M)	2009			x				x
	2010			x				
	2011	x	x	x	5	5		
Souci (R)	2009							x
	2010		30	35	5		20	
	2011	15	5	x	x	x		
Thym (S)	2009							
	2010		x					
	2011	x		x		x		
Trèfle pied-de-lièvre (C )	2009							
	2010		x	x	x			
	2011	x		x				

<b>Rang 2</b>		avril	mai	juin	juillet	août	sept.	déc.
<b>Espèces observées</b>								
Mauve (R)	2009			x				
	2010			-	-			
	2011			-	-			
Nigelle (S)	2009			x				
	2010		x	x	x			
	2011	x	x	x	x	x		
Pimprenelle (S)	2009			x				
	2010		35	30	15		25	
	2011	50	40	20	20	10		
Plantain (S)	2009							x
	2010		x	10	x			
	2011	x	x					
Queue de lièvre (C )	2009							
	2010		x	x	x			
	2011		-	-	-			
Sauge fausse-verveine (M)	2009							
	2010			x				
	2011		x			x		
Souci (R)	2009							x
	2010		40	10	10		20	
	2011	5	10	x	x	x		
Thym (S)	2009							
	2010							
	2011	x	x					
Trèfle pied-de-lièvre (C )	2009							
	2010		x	x	x			
	2011	x		x				

\* Espèces en modalités monospécifiques (M) ou appartenant aux mélanges rustique (R), saxicole (S), luzernes (L), ou CBN (C). Sont notées mensuellement l'absence (-) ou la présence de l'espèce (en

pourcentage de recouvrement, noté x si  $< 5\%$ ).

### Recouvrement offert par les espèces semées

La moyenne de recouvrement 2010-2011 des espèces et mélanges identifiés comme prometteurs sont présentés de la figure 3 à la figure 7. Le témoin devait être représenté par la végétation spontanée se développant entre les modalités, mais son évolution n'a pas été suivie lors des relevés botaniques.

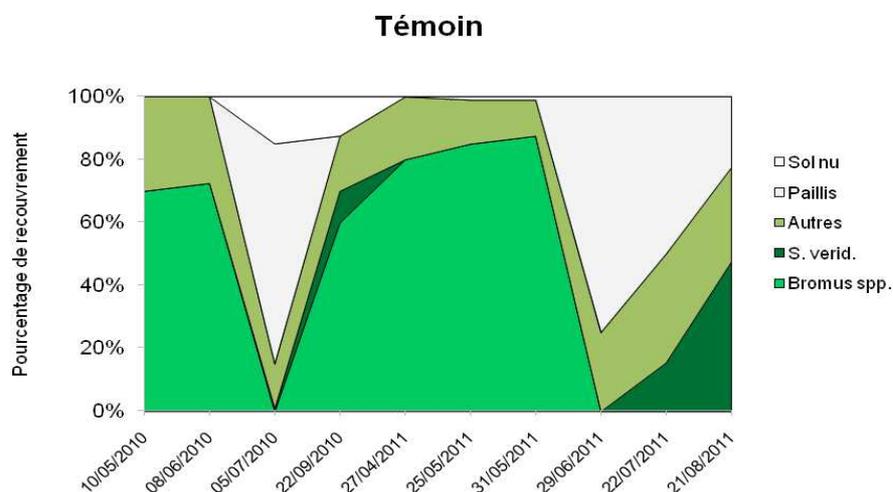


Figure 2 : Evolution 2010-2011 de la végétation spontanée

Taux de couverture assuré au cours du temps par la flore spontanée et les résidus végétaux, et proportion de sol laissé à nu.

Le couvert végétal spontané est composé en majorité de Bromes (*Bromus tectorum*, *B. hordeaceus ex mollis*, *B. sterilis*). Parfois s'y ajoute un recouvrement relativement important de Luzernes, principalement orbiculaire (*Medicago orbicularia*), d'Armoise (*Artemisia vulgaris*), de Calament (*Calamintha nepeta*), de Cirse (*Cirsium arvense*) ou de Vergerette (*Erigeron canadense*). On observe également que le Coquelicot, le Plantain, le Trèfle pied-de-lièvre et la Luzerne polymorphe sont déjà présents sur la parcelle à l'état de spontanées. Les Bromes et les Luzernes regroupent des espèces annuelles qui forment un paillis compact au début de l'été, cependant les pluies abondantes de la fin juillet 2011 ont provoqué une reprise rapide de la végétation avec une surface importante de Calament, de Cirse et de Setaire (*Setaria veridis*). Malgré cette reprise la végétation spontanée semble *a priori* peu concurrentielle pendant la période critique de juin-juillet : des mesures des réserves utiles du sol en eau et une évaluation des différences de production seraient nécessaires pour vérifier cette hypothèse.

Très probablement du fait de l'irrigation au goutte-à-goutte, la végétation de l'inter-rang possède une composition différente : on y retrouve une grande majorité de graminées, Bromes et Orge des rats, qui forment un paillis épais dès le début du mois de juin. Delabays *et al.* (2006) ont d'ailleurs étudié le potentiel de recouvrement de deux espèces qui mériteraient une attention plus particulière : le Brome des toits (*Bromus tectorum*) et l'Orge des rats (*Hordeum murinum*).

*B. tectorum* n'offre pas un couvert total la première année (environ 60 %) et périlicite les années suivantes mais son cycle décalé par rapport à celui de l'olivier – malgré une floraison un peu tardive en mai – et ses propriétés allélopathiques correspondent aux qualités recherchées. *Hordeum murinum* se pérennise mieux, il offre rapidement un très bon couvert et se resème efficacement pendant au moins 4 ans. Son cycle décalé – malgré une floraison en mai-juin – et les fortes propriétés phytotoxiques du paillis qu'il laisse en été en font un couvert offrant une très bonne maîtrise des adventices. Sa grande vigueur peut être limitée par un fauchage ras au début du printemps, en maintenant des bandes non fauchées dans les inter-rangs pour assurer le ressemis.

### Mélange rustique

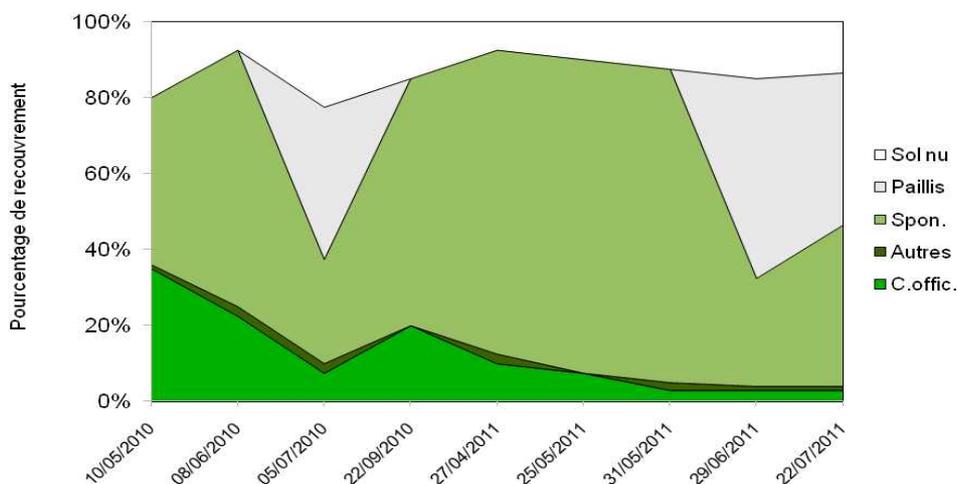


Figure 3 : Evolution 2010-2011 de la végétation après le semis du mélange rustique

Taux de couverture assuré au cours du temps par les espèces du mélange, la flore spontanée et les résidus végétaux, et proportion de sol laissé à nu.

L'espèce significative dans le mélange rustique est le Souci (*Calendula officinalis*). Au vu du recouvrement offert en mai 2010, on peut supposer qu'il s'était bien développé en 2009 mais la surface occupée diminue fortement par la suite, sa pérennité est donc faible.

On peut s'étonner de l'absence de l'Achillée millefeuille qui s'est bien développée dans le mélange saxicole mais n'a pas levé ici. Il est possible que sa densité de semis n'ait pas été assez grande ou bien que *Calendula* possède des propriétés allélopathiques, ce qui expliquerait que le recouvrement du sol ne soit jamais total.

### Mélange saxicole

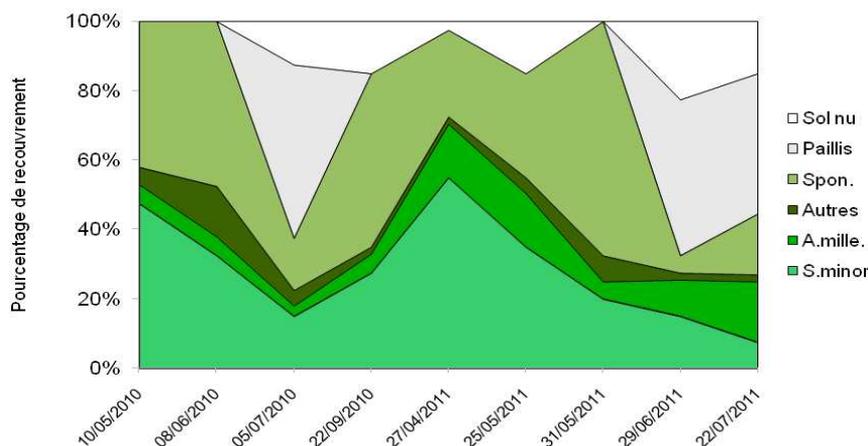


Figure 4 : Evolution 2010-2011 de la végétation après le semis du mélange saxicole

Taux de couverture assuré au cours du temps par les espèces du mélange, la flore spontanée et les résidus végétaux, et proportion de sol laissé à nu.

La Pimprenelle (*Sanguisorba minor*) semble apprécier les terrains secs et ensoleillés puisque sur des essais précédents elle s'est bien mieux développée en vigne (Delabays *et al.*, 2000) qu'en verger de pommiers (Romet, 2006). Sur notre essai elle bénéficie d'une implantation rapide et présente le taux de recouvrement le plus fort (jusqu'à 60 %). Cependant la courbe obtenue ne permet pas d'apprécier sa dynamique, une année d'observation supplémentaire serait nécessaire pour savoir si son recouvrement se maintient et peut encore

augmenter. Cette espèce n'en reste pas moins la plus prometteuse.

Le recouvrement obtenu pour l'Achillée millefeuille (*Achillea millefolium*) est inégal entre les deux répétitions. La moyenne reste donc faible mais devrait augmenter à partir de 2012, car l'espèce semble enfin s'étendre sur le rang 1. Cette implantation lente rejoint les observations de L. Romet (2006) qui l'étalait sur 3 ans. Celui-ci précise également que l'Achillée millefeuille attire de nombreux insectes, nourrit plusieurs espèces de chenilles et que ses graines permettent aux oiseaux de s'alimenter en hiver. Son implantation serait donc très intéressante.

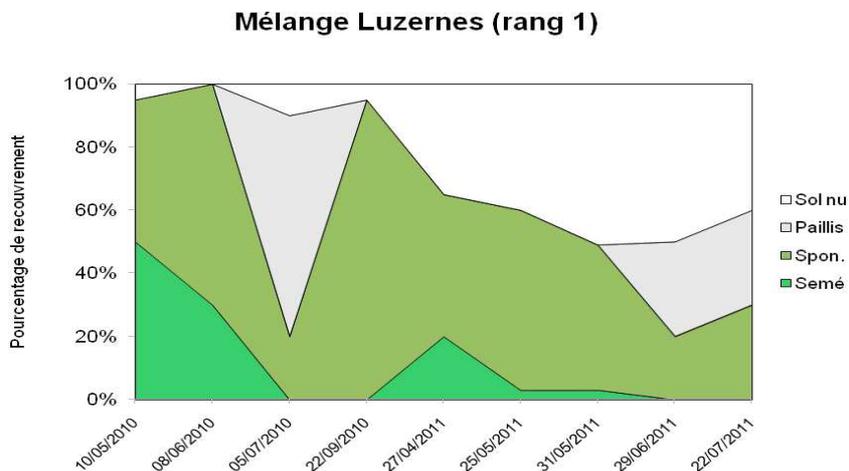


Figure 5 : Evolution 2010-2011 de la végétation après le semis du mélange luzernes

Taux de couverture assuré au cours du temps par les espèces du mélange, la flore spontanée et les résidus végétaux, et proportion de sol laissé à nu.

Les Luzernes (*Medicago polymorpha*, *M. rigidula*, *M. truncatula*) ayant très peu levé sur le rang 2, la courbe n'intègre que les relevés du rang 1 pour faciliter l'interprétation. Comme on peut l'observer, la capacité de ce mélange à se ressemer spontanément est faible et il est possible qu'il ne se maintienne pas en 2012. Ce constat rejoint les observations de Delabays *et al.* (2000) qui concluent que **l'implantation de Luzernes annuelles est rarement pérenne**. Pourtant le retour d'azote assuré lorsqu'elles se dessèchent (Romet, 2006) fin mai serait profitable aux oliviers qui abordent à cette époque une période de forte croissance.

Le recouvrement offert par les Luzernes est faible comparé à celui observé dans d'autres études (Delabays *et al.*, 2000 ; Romet, 2006) et l'influence de la faune n'est probablement pas négligeable. En effet les relevés montrent que le sol est fréquemment labouré par le passage des sangliers sur la modalité luzernes. L'hypothèse d'un pâturage préférentiel (lié à une appétence particulière des légumineuses), par les sangliers mais également par les brebis, est renforcée par la quasi absence de résidus végétaux en été pour des espèces censées former un paillis important (Romet, 2006).

### Achillée odorante

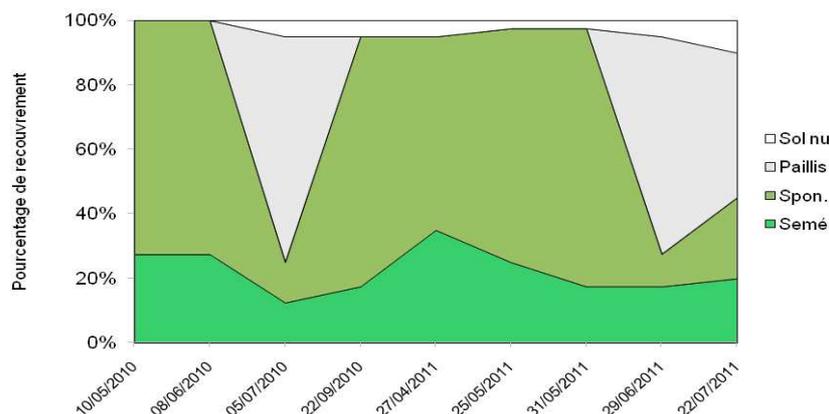


Figure 6 : Évolution 2010-2011 de la végétation après un semis d'Achillée odorante

Taux de couverture assuré au cours du temps par l'espèce, la flore spontanée et les résidus végétaux, et proportion de sol laissé à nu.

Le développement de l'Achillée odorante apparaît comme plus rapide et plus certain que celui de l'Achillée millefeuille. Elle présente une couvert moyen de l'ordre de 30 % en fin de printemps et ce dès la deuxième année (2010). L'espèce semble se maintenir mais une année d'observation supplémentaire serait nécessaire pour savoir si son recouvrement s'est stabilisé ou si l'on peut espérer une expansion.

### Epervière piloselle (rang 2)

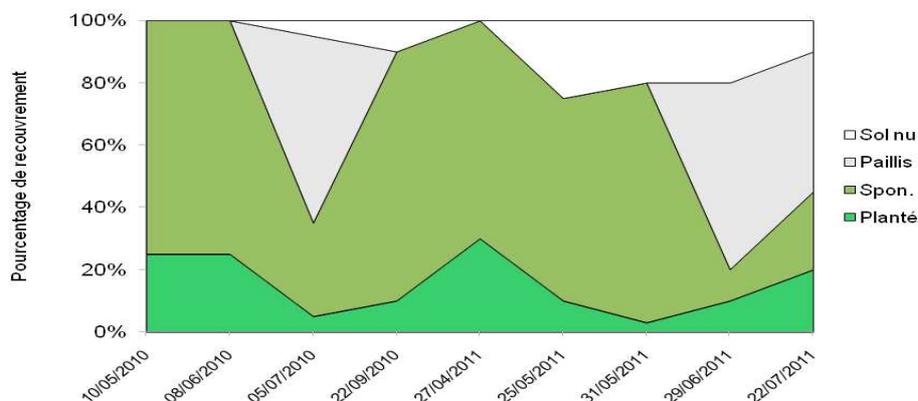


Figure 7 : Evolution 2010-2011 de la végétation après la plantation d'Epervière piloselle

Taux de couverture assuré au cours du temps par l'espèce, la flore spontanée et les résidus végétaux, et proportion de sol laissé à nu.

L'Épervière piloselle s'étend principalement par reproduction végétative grâce à ses stolons, c'est pourquoi elle se développe par taches lorsqu'on l'implante comme couvert. Ses besoins sont faibles, elle s'adapte à tous les sols, résiste très bien au froid et se maintient toute l'année (Ondet, 2010).

Sur le présent essai, l'Épervière piloselle ne s'est développée que sur le rang 2 – où la végétation est plus rase – mais il est difficile de conclure sur son extension. En effet cette espèce forme une rosette qui reste plaquée au sol, seule la fleur s'en décolle en été, elle est donc très difficile à détecter lorsque la végétation est haute et dense. Les Bromes omniprésents limitent également son accès à la lumière, ce qui a certainement freiné son développement surtout sur le rang 1. Selon Lévite & Tschabold (2009) le fauchage 1 à 2 fois par an des graminées à fort développement et autres adventices susceptibles de lui faire de l'ombre peut être nécessaire pour faciliter l'implantation de cette espèce héliophile. L'entretien par pâturage n'était sans doute pas le plus adapté car peu ciblé et maintenant une végétation trop haute.

L'implantation de cette espèce se fait en godets car le semis est jugé comme trop aléatoire (Lévite & Tschabold, 2009) mais en 2004 Tschabold y a eu recours. Il préconise un semis suivi d'un damage léger sans

enfouissement des graines. Une fois bien implantée l'Épervière nécessite peu d'entretien car ses propriétés phytotoxiques limitent l'infestation d'adventices. Malgré son fort taux de recouvrement elle ne concurrence pas, ou très peu, les arbres (Tschabold, 2004 ; Lévy & Tschabold, 2009 ; Ondet, 2010), il serait donc intéressant de tester ce couvert sur une oliveraie fauchée mécaniquement.

## DISCUSSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Pour certaines espèces, tel l'Orge des rats (*Hordeum murinum*), l'utilisation en semis monospécifique semble une solution cohérente au regard des propriétés recherchées. Toutefois il semble **préférable de privilégier les mélanges qui permettent de compenser la lenteur d'implantation de certaines espèces**, de jouer sur les cycles de développement pour assurer un couvert tout au long de l'année, d'attirer un plus grand nombre d'auxiliaires et de limiter les foyers de maladie.

Proposer un mélange de graines nécessite d'abord de tester la complémentarité des différentes espèces qui le composent. Il faudra prendre en compte leur rapidité et leur potentiel de recouvrement, ainsi que leur pérennité et leurs possibles propriétés allélopathiques (Delabays & Mermillod, 2002). Pour faciliter l'interprétation des données, il est préférable de tester des mélanges comportant deux espèces majoritaires – l'une de pérennité faible mais rapidement couvrante, l'autre d'installation plus lente mais durable – complétés éventuellement par des espèces présentant un couvert faible mais apportant de la diversité : Coquelicot (*Papaver rhoeas*), Plantain (*Plantago lanceolata*), Sauge (*Salvia verbenaca*), Thym (*Thymus vulgaris*), Trèfle pied-de-lièvre (*Trifolium arvense*)...

Parmi les espèces à installation lente on peut compter l'Achillée millefeuille (durée d'établissement : environ 3 ans), l'Achillée odorante (2 ans) et la Pimprenelle (1 an). Nous savons déjà que l'Achillée millefeuille ne semble pas cohabiter avec le Souci, il est possible qu'elle soit peu tolérante à la concurrence allélopathique.

Sont comprises dans les espèces à installation rapide les Luzernes (durée de maintien du couvert : 1 à 2 ans) et le Souci (2 ans mais propriétés phytotoxiques à préciser). En l'absence de données chiffrées pour 2009 il faudrait également étudier le recouvrement offert par l'Hélianthème (*Helianthemum apenninum*), la Mauve (*Malva sylvestris*), le Pâturin (*Poa flaccidula*) et le Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). On pourra aussi inclure dans un nouvel essai le Brome des toits (durée de maintien : 1 à 2 ans) et adapter l'entretien pour l'Épervière piloselle.

L'espèce intermédiaire à installation rapide doit être choisie avec attention et il est préférable d'en sélectionner une dont le recouvrement ne sera pas total. En effet si la concurrence qu'elle offre la première année est trop forte, l'espèce à installation lente ne pourra pas s'installer correctement. C'est d'ailleurs ce qui a été observé pour Delabays *et al.* (2006) dans un essai associant Pimprenelle et *Geranium pusillum* (annuelle à fort pouvoir couvrant mais ressemis très aléatoire).

## CONCLUSION DE L'ESSAI « ENHERBEMENT »

Le but recherché est d'obtenir un couvert de faible hauteur, entrant en dormance en période de stress hydrique (fin juin-juillet) et empêchant l'implantation d'espèces concurrentielles. Lorsqu'une parcelle a longtemps été maintenue à nu un semis peut accélérer la reprise de la végétation mais quand une végétation spontanée est déjà présente on peut s'interroger sur la nécessité de modifier le couvert.

Seule la présence d'espèces indésirables ou un recouvrement insuffisant justifieraient de semer, toutefois cette vérification s'avère difficilement réalisable en pratique. En effet elle nécessiterait un suivi botanique régulier et complet, appuyé par de solides connaissances en phytopathologie. En pratique il est donc moins coûteux et plus aisé de directement mettre en place un couvert semé, au risque de perdre en diversité des espèces.

Pour les semis, notre essai a permis d'identifier quelques espèces prometteuses dont les particularités méritent d'être plus amplement étudiées. La compatibilité des mélanges proposés devra être testée dans de nouveaux essais et un travail bibliographique sera peut-être nécessaire pour identifier les propriétés phytotoxiques de certaines espèces. **Il est également primordial de déterminer leur sensibilité à *Verticillium dahliae* – notamment pour les Achillées et l'Épervière qui sont des Astéracées – avant de conseiller leur utilisation sur une parcelle touchée.** Peut-être faudrait-il également tester d'autres écotypes pour les espèces possédant des caractéristiques agronomiques intéressantes et s'étant mal développées. Pour une espèce donnée, il existe en effet de nombreux écotypes dont les qualités diffèrent.

Une fois les mélanges formulés, un problème subsistera : celui de la distribution. Les graines semées doivent autant que possible être produites localement pour que les écotypes aient de bonnes chances de se

développer. Pour notre essai, les graines ont pour la plupart été produites dans la région mais seuls les mélanges rustique et saxicole ont été fournis par un semencier. Dans la mesure où la disponibilité des graines et leur prix seront des critères déterminants pour la distribution à grande échelle, il faudra s'informer sur les contraintes et possibilités de production de chaque espèce d'intérêt.

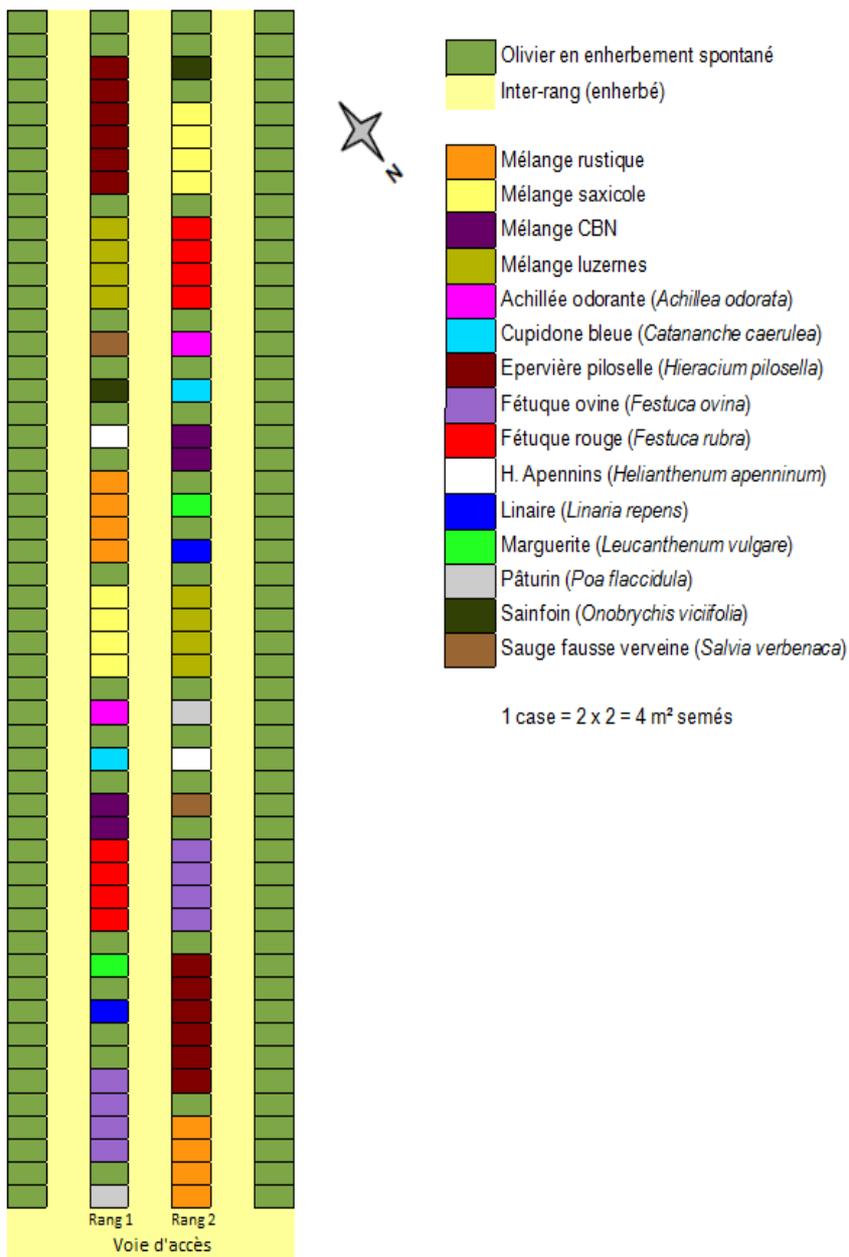
## **REMERCIEMENTS**

Ils s'adressent surtout aux personnes nous ayant aidé pour les relevés botaniques sur le terrain (stagiaires, Robert Germain, Mireille Tronc) et à Jean-Benoît Hugues pour la mise à disposition du terrain pendant les trois années.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Disponibles sur demande

ANNEXE : dispositif de mise en place des modalités de plantes couvre-sol



## Possibilité de réduction de la verticilliose en Agriculture Biologique

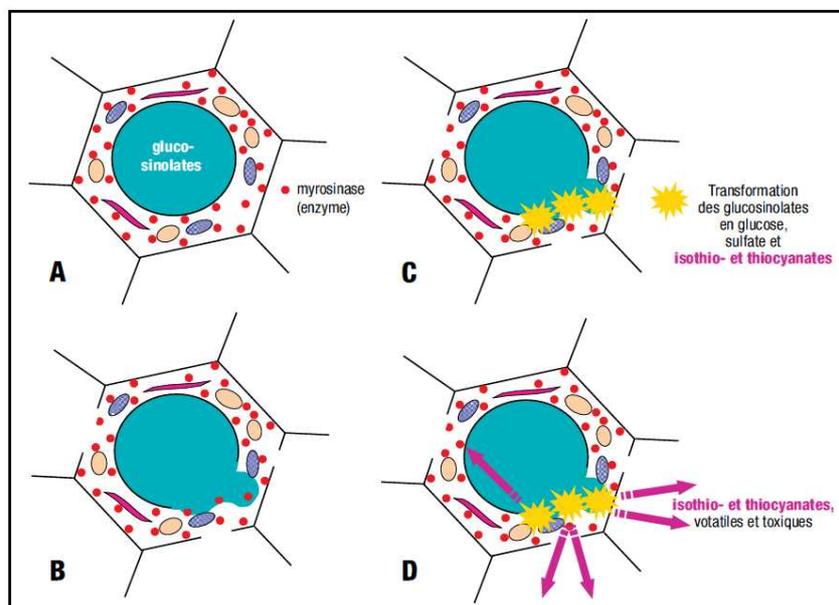
François Warlop (GRAB), Miguel Varo, consultant

### CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Face à la présence croissante de *Verticillium dahliae* (VD) dans les vergers récemment plantés, et aux pertes engendrées par les attaques racinaires, il devient important de mieux connaître le cycle biologique de ce pathogène dans les conditions provençales, et d'identifier des moyens permettant de ralentir sa progression (outre ceux qui sont déjà préconisés, tels que la limitation du travail du sol et de l'irrigation), ou de réduire les populations dans le sol.

### OBJECTIFS

La littérature fait état de méthodes en développement sur différentes cultures, en maraîchage notamment : la biofumigation, à partir de crucifères. Cette famille est particulièrement riche en composés soufrés (glucosinolates) dont la dégradation dans les sols exerce une action fongicide à exploiter. Pour cela, les plantes (moutarde notamment) doivent être suffisamment développées avant d'être broyées, puis incorporées dans le sol pour libérer les composés actifs.



Description schématique des processus amenant à l'effet de biofumigation au niveau d'une cellule végétale (V. Michel et al., 2007)

L'objectif est de tester ici les possibilités de mises en place de cette technique en vergers d'oliviers. En effet, les surfaces de vergers sont plus importantes que celles des serres maraîchères, ce qui rend la technique plus aléatoire, et plus coûteuse. Le sol doit être correctement arrosé sur toute la surface après l'incorporation de la moutarde broyée dans le sol, ce qui n'est pas toujours possible au verger.

## MATERIEL & METHODES

### Vergers :

Deux parcelles contaminées ont été retenues pour la mise en place de l'essai, à Romanin (13) et à Mazan (84) :



*Aperçu des travaux de préparation des semis sur les parcelles de Romanin et de Mazan. On voit nettement à droite les dégâts causés sur les arbres par la verticilliose.*

Des zones particulièrement touchées ont été repérées et sélectionnées pour servir à l'expérimentation.

### Méthodes testées :

- semis de moutardes

Un premier semis de moutarde blanche a été réalisé début mai 2011. Un second semis de moutarde brune (variété Etamine, la plus concentrée en composés actifs) a été réalisé, à 50kg/ha en septembre sur les deux parcelles. Ce semis a été refait en octobre, car le sol était sec et impropre à une bonne germination des graines.



- apport de bouchons de moutarde déshydratée

**BioFence**

**ORGANIC AMENDMENT**

Nutritional action  
Biofumigant action

Technical parameters	
SOLUBLE ORGANIC NITROGEN	5 - 6%
AVAILABLE PHOSPHORUS	2 - 3%
ORGANIC MATTER	80%
GLC TOTAL	125 $\mu$ mols

Third International Biofumigation Symposium Canberra July 21-25

PCT European Patent N. IT03/00514

Une technique plus rapide de biofumigation a été développée plus récemment par le groupe Soufflet, et par des concurrents italiens, consistant à apporter directement des bouchons de moutarde comme un engrais organique, qui libéreront rapidement les glucosinolates dès l'enfouissement dans le sol. Cette technique présente l'intérêt de donner des résultats plus rapidement, mais s'avère à ce jour assez coûteuse (produit italien Biofence<sup>2</sup> : 1,7 €/kg).

Un apport de bouchons a été réalisé en octobre 2011 sur une zone identifiée de la parcelle de Romanin.

2 <http://www.biofence.it>

## Évaluation de l'efficacité

L'effet de la biofumigation sur le pathogène ne peut se mesurer sur l'aspect et une éventuelle rémission des arbres.

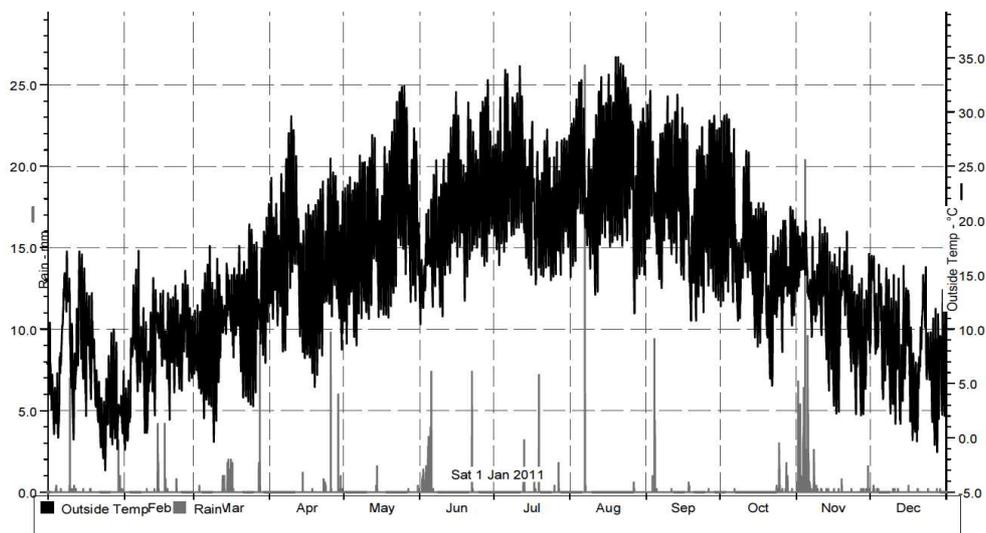
Le dénombrement dans le sol a été préféré. Un laboratoire a été trouvé, sur Rouen, permettant de faire cette analyse quantitative, sur l'ADN microbien total et sur le nombre potentiel de génomes et de microsclérotés.

Des prélèvements de sols avant semis ont donc été réalisés (mai et septembre), d'autres seront réalisés après la levée de la moutarde. Les résultats seront comparés afin de déterminer le rôle joué par les graines ou bouchons de moutarde.

## RESULTATS

- sur les conditions météorologiques

Voici le relevé météo de la parcelle de Romanin, montrant la courbe des températures (en noir) et les cumuls de pluviométrie (en gris).



- sur le développement des moutardes

Les deux premiers semis de moutarde n'ont pas levé correctement pour plusieurs raisons :



- semis tardif de la moutarde blanche, par rapport à des conditions climatiques très particulières au printemps (températures plus élevées que les normales),
- conditions de semis non optimales en septembre et tassement du sol,
- présence importante de sangliers à Romanin, qui abiment et retournent le sol en permanence.

*Aperçu de dégâts de  
sangliers  
sur le système d'irrigation*

Le développement de la moutarde a été trop irrégulier et insuffisant en 2011 pour pouvoir estimer son rôle sur la réduction de la verticilliose. Ceci d'autant plus que l'Etamine constitue son système racinaire avant sa partie végétative (infos de Soufflet).

En janvier 2012, elle constitue un tapis encore ras (stade rosette, voir photo). Elle est au stade idéal pour supporter les conditions hivernales, et pourra repartir dès les premières chaleurs.

#### *Aperçu du développement de la moutarde à Mazan (nov 2011)*

#### - quantification du *Verticillium* dans les sols

Les prélèvements réalisés en mai et en septembre ont donné ces résultats sur les deux parcelles :

parcelle	Période de prélèvement	quantité ADN total (g/g sol)	nombre de génomes	nombre potentiel de microsclérotés
Romanin	mai	17,53	non détecté	non détecté
	septembre	12,74 (-27%)	non détecté	non détecté
Mazan (gauche)	mai	8,04	216,5	7,2
	septembre	10,29 (+28%)	44,3 (-79%)	1,5 (-79%)
Mazan (droite)	mai	10,72	317,1	10,6
	septembre	12,67 (+18%)	93,9 (-70%)	3,1 (-70%)

Les variations de biomasse microbienne (ADN total) observées entre mai et septembre peuvent être liées à plusieurs facteurs : travail du sol, présence du couvert végétal, conditions climatiques spécifiques au moment du prélèvement...La moutarde n'ayant pas levé entre mai et septembre, à cause de conditions peu favorables au moment du semis, il n'est a priori pas possible que la baisse constatée soit liée au semis.

Malgré les symptômes visibles et la présence avérée dans les bois<sup>3</sup>, *Verticillium dahliae* n'a pas été détecté sur la parcelle de Romanin, lors des deux prélèvements, soit parce que la quantité de génomes était inférieure au seuil détectable (environ 5 génomes par gramme de sol sec), soit parce que le sous-échantillonnage réalisé pour extraire l'ADN n'était pas représentatif du sol analysé, risque d'autant plus fort que la quantité de VD est faible.

Les écarts-types mesurés (non indiqués) sont très importants, et traduisent une grande hétérogénéité de la répartition du VD dans les sols. Il conviendrait de multiplier le nombre d'échantillons prélevés par parcelle pour pallier ce phénomène et tenir compte du couvert végétal du verger, qui peut induire une hétérogénéité spatiale liée au système racinaire.

## **PERSPECTIVES**

Un nouveau prélèvement de sol va être réalisé en janvier sur la partie où les bouchons ont été apportés en enfouis en octobre, afin d'évaluer l'effet après 3 mois.

La moutarde Etamine va être ressemée en mars pour évaluer son effet à nouveau la saison prochaine.

<sup>3</sup> analyse sur bois réalisée début 2011 par un laboratoire spécialisé de Cordoue, en Espagne (voir en annexe)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Manici L., Lazzeri L, Palmieri S., 1997. In vitro fungitoxic activity of some glucosinolates and their enzyme-derived products toward plant pathogenic fungi, *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2768-2773.
- McGuire A. M., 2004. Mustard green manures replace fumigant and improve infiltration in potato cropping system. *Agroindustria* 3, 331-333
- Michel V., H. Ahmed, A. Dutheil, 2007. La biofumigation, une méthode de lutte contre les maladies du sol. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 39(2), 145-150
- Villeneuve F., Raynal-Lacroix C., Lempire C. & Maignien G., 2004. Possibility of using biofumigation in vegetable crops for controlling soilborne pathogens. *Agroindustria* 3, 395-398.

Annexe : analyse de bois d'olivier infectés par la Verticilliose

Nombre: SCEA Oliviers de Romanin		DNI/CIF: 0542314865900026
Dirección: Moulin Castelas		C.P.: 13520
Población: Baux de Provence	País: Francia	

### Datos de la persona de contacto

Nombre: Miguel Varo (Varo Consultants)		
Teléfono: +33 490545086	Fax:	e-mail: miguelvaro@varoconsultants.com

### Datos de las muestras

Especie: <i>Olea europaea</i>	Variedad:	Nº de muestras: 2
Tipo de muestra: Ramas de olivo		Referencia: <b>004.1/2011</b>
Identificación muestras: <b>Muestra Nº 1 (Romanin) y Muestra Nº 2 (Salonenque. Romanin)</b>		
Fecha de recepción en laboratorio: 23 de marzo de 2011		
Tipo de análisis solicitado:		
- Detección de <i>Verticillium dahliae</i> en ramas de olivo.		

## Développement de plants biologiques

Pierre Michelot (dDAPEV), François Warlop (GRAB)

### OBJECTIFS :

L'essai conduit en 2010 a confirmé que l'olivier est une espèce à faibles besoins en eau. Il a montré par contre que la réduction de la dose d'azote apportée par la fertilisation organique, telle que nous l'avions pratiquée alors, ne permettait pas d'obtenir une croissance satisfaisante des plants.

L'objectif initial de cet essai devait donc être de vérifier s'il est possible de réduire encore l'irrigation sans pénaliser la croissance des plants et d'affiner la pratique de la fertilisation organique.

Pour des raisons pratiques, il n'a pas été possible d'adopter deux modalités d'irrigations différentes. L'essai a porté, *in fine*, uniquement sur les modalités de fertilisation, en apportant à tous les plants la même quantité d'azote sur l'ensemble de la saison de culture, mais en comparant différents calendriers de fractionnement.

### MODALITES TESTEES :

Trois modalités de fertilisation sont donc testées :

- incorporation au substrat d'un engrais enrobé, le Basacote plus 9 mois 16-8-12, utilisé à raison de 5 Kg/m<sup>3</sup>. Tout l'azote est donc apporté en une seule fois.
- incorporation au substrat de Captial 5-3,5-8 à raison de 8 Kg/m<sup>3</sup>, soit un apport au rempotage d'environ 50% de la quantité d'azote apportée par le Basacote, puis surfaçage 3 mois plus tard à l'aide de 50 g par plant apportant le complément. L'apport d'azote est donc fractionné en 2 fois.
- incorporation au substrat de Captial à raison de 5,5 Kg/m<sup>3</sup>, soit un apport au rempotage d'environ 33% de la quantité d'azote apportée par le Basacote, puis surfaçage 2 mois plus tard à l'aide de 35 g par plant, et enfin nouveau surfaçage 2 mois plus tard à l'aide de 30 g par plant pour apporter le solde. L'apport d'azote est donc ici fractionné en 3 fois au cours de la saison de végétation.

Par ailleurs, une inoculation du substrat par un champignon mycorhizien a été testée en complément des deux modalités de fertilisation organique.

### CONDITIONS DE CULTURE :

Des jeunes plants de la variété Picholine issus de bouturage ont été repotés en conteneurs anti-chignon Bamaplast de 3,5 litres dans un substrat agréé en Agriculture biologique, le 20 Mai 2011.

Le désherbage des conteneurs a été assuré par la pose de disques de paillage.

## DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

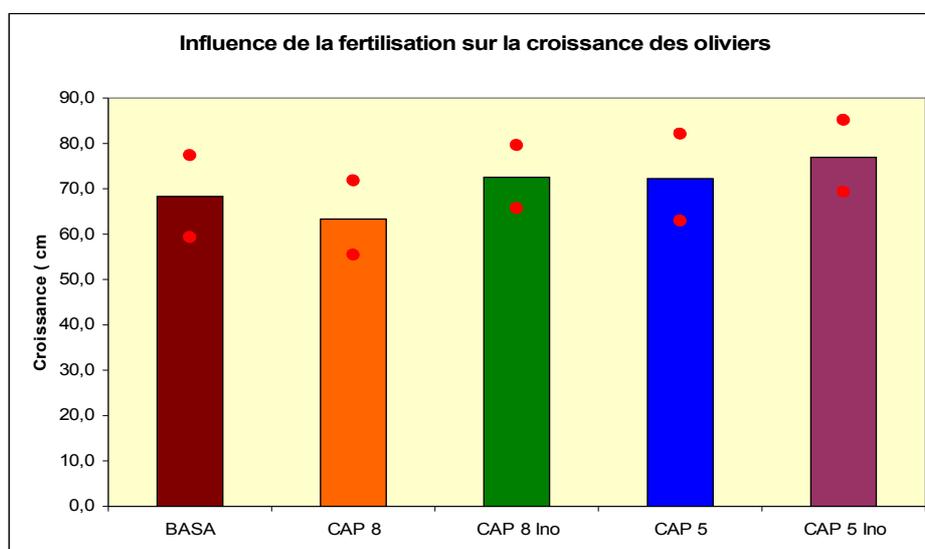
15 plants ont été utilisés pour chaque modalité. Cependant, afin de disposer d'un nombre de plants suffisant pour pouvoir éventuellement poursuivre l'essai en verger, la modalité de référence et la modalité de fractionnement de l'azote en 3 fois avec inoculation du substrat comportent 15 plants supplémentaires comme indiqué dans le tableau récapitulatif ci-dessous.

Engrais incorporé au repotage	Fertilisation seule	Fertilisation + inoculation
Basacote 5 Kg/m <sup>3</sup>	30	0
Captial 8 Kg/m <sup>3</sup>	15	15
Captial 5,5 Kg/m <sup>3</sup>	15	30

## RESULTATS

### Croissance des plants en fin de saison

Les histogrammes ci-dessous illustrent la croissance des plants en fin de saison et indiquent l'intervalle de confiance des moyennes obtenues pour chacune des 4 modalités de fertilisation.



Ces histogrammes montrent tout d'abord que les 2 modalités CAP 5 permettent d'obtenir une croissance des plants supérieure à celle de la fertilisation à l'aide de l'engrais enrobé pris comme référence. Cette différence est encore légèrement accentuée par l'inoculation du substrat avec le champignon mycorhizien.

Ils montrent par contre que la modalité CAP 8 conduit à une croissance moindre que le Basacote.

Il apparaît enfin que l'inoculation du substrat a un effet bénéfique sur la croissance des plants, avec cette modalité de fertilisation, encore plus marquée qu'avec la modalité fractionnant plus les apports d'engrais, qui permet en fin de saison d'obtenir des plants plus hauts qu'avec l'engrais enrobé.

Il est à noter cependant que, du fait de la variabilité des hauteurs au sein de chaque modalité de fertilisation, les différences observées ne peuvent pas être considérées comme significatives.

### **Calendrier de fertilisation**

Le rempotage ayant eu lieu le 20 Mai, les apports d'engrais complémentaires ont donc été réalisés selon le calendrier suivant :

- CAP 5 : surfaçage le 20 juillet puis le 20 septembre,
- CAP 8 : surfaçage le 20 août.

Le constat fait précédemment sur la croissance des plants obtenue avec la modalité CAP 8 s'explique peut-être par un deuxième apport d'engrais, réalisé le 20 août, trop tardif dans la saison pour que les plants en bénéficient.

L'effet bénéfique de l'inoculation du substrat pourrait alors provenir d'une meilleure valorisation du premier apport d'engrais par incorporation au substrat lors du rempotage.

### **CONCLUSIONS**

Les résultats de cet essai confirment donc tout d'abord qu'il est possible d'obtenir les mêmes croissances avec une fertilisation organique qu'avec un engrais minéral enrobé, à dose globale d'azote équivalente, en fractionnant les apports en trois fois au cours de la saison de végétation.

Ils montrent de plus que l'inoculation du substrat à l'aide d'un champignon mycorhizien a permis d'améliorer la croissance des plants. Des analyses de racines vont être réalisées afin de vérifier que l'inoculation a bien conduit à une mycorhization des racines.

Le fait que cet effet bénéfique soit plus marqué sur la modalité CAP 8, pour laquelle nous nous interrogeons sur l'effet du deuxième apport d'engrais, nous conduit enfin à nous demander qu'elle aurait été la croissance des plants en fin de saison si ce surfaçage tardif n'avait pas été réalisé.

Une telle modalité mériterait donc d'être testée dans un essai prochain, dans l'optique de la réduction des intrants nécessaires à la production des plants d'olivier.

## **Effet de régulation écologique de l'inule visqueuse dans les oliveraies Situation bibliographique**

**François Warlop - GRAB**

### **CONTEXTE**

La forte incitation à réduire les produits phytosanitaires amène à repenser la gestion globale du verger et à inclure l'environnement proche dans cette réflexion. Les plantes exercent des relations entre elles, que ce soit par des médiateurs chimiques, mais aussi par des insectes phytophages ou entomophages (prédateurs ou parasitoïdes). Beaucoup de ces relations restent à découvrir, et l'effet sur les ravageurs des cultures doit également être optimisé, comme c'est le cas pour l'inule visqueuse *Dittrichia viscosa*.

### **PROBLEMATIQUE**

La mise en œuvre de plantes relais pour aider à l'installation d'insectes auxiliaires ne s'accompagne pas de résultats aussi visibles qu'une stratégie phytosanitaire, pour tout un ensemble de raisons, pas toujours faciles à identifier et hiérarchiser. Le « fonds de cuve » d'insectes auxiliaires peut avoir été fortement réduit par des années de pratiques insecticides peu favorables à leur maintien ; les conditions écologiques de leur installation peuvent ne pas être parfaitement identifiées...

### **ÉTAT DES CONNAISSANCES**

La littérature indique, depuis 1957 (travaux d'Isaakidès de l'institut Benaki en Grèce), que l'inule est une plante utile à l'olivier, car elle abrite une mouche de la même famille qui est parasitée par un hyménoptère commun avec la mouche de l'olive, parasite appelé *Eupelmus urozonus*. Sans jouer un rôle déterminant, cette plante a donc parfois été associée par les producteurs à l'olivier, de façon empirique.

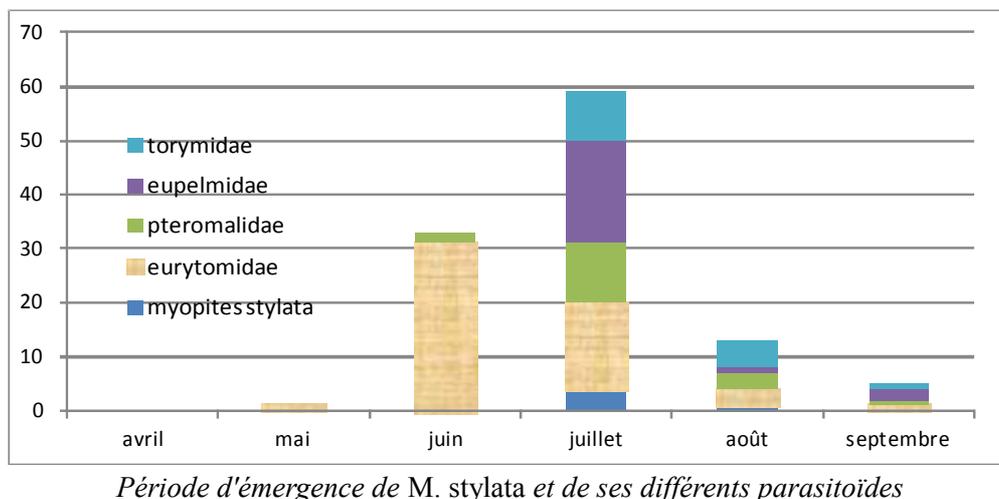
De nombreux entomologistes ont travaillé sur les parasitoïdes de la mouche de l'olivier, dont fait partie *E. urozonus*. Celui-ci a été élevé en laboratoire afin de mieux le connaître (besoins en chaleur, dynamique de population...) et l'inule était utilisé comme source d'individus sauvages du parasite (fournissant jusqu'à 25 adultes pour 100 galles conservées à 25°C, Louskas, 1977).

Michelakis, en 1986, montrait également le rôle joué par l'inule en Crète sur la mouche de l'olive, en rappelant le complexe formé avec *Myopites stylata*.

L'usage non limité des insecticides rendait ce « service écosystémique » peu rentable en comparaison au service rendu par un produit chimique. Aujourd'hui, face aux contraintes sociales et environnementales, aucune piste de réduction de l'usage phytosanitaire ne peut être négligée, et des travaux ont donc été redéveloppés plus récemment, avec des outils moléculaires plus performants, pour mieux comprendre l'implication de l'inule dans la régulation des populations de mouches de l'olive.

Les travaux d'Edy Spagnol, démarrés de façon confidentielle depuis bientôt 10 ans, aujourd'hui en concertation avec CIRAD, INRA et GRAB, sont très riches d'observations de terrains, et permettent d'affiner les connaissances biologiques, phénologiques, et de les corrélérer en fonction des régions d'observation.

En Espagne, les travaux les plus complets ont été présentés en 2010 par Franco-Mican. Il montre dans les conditions espagnoles (autour de Grenade) la présence d'un cortège étroitement associé à l'inule et à l'olivier. Le taux d'émergence de *M. stylata* est relativement faible, tandis que 20% des parasites observés sont des Eupelmidae :



En Italie, l'équipe de Ruggero Petacchi (Pise) met en évidence des taux de parasitisme cumulé pouvant atteindre 30% au mois d'août, et notamment une corrélation de ce parasitisme avec le taux de zones boisées à proximité, à moins de 750 mètres (Baccaccio & Petacchi, 2009). Elle indique par ailleurs que la configuration du paysage semble dans leurs conditions jouer un rôle plus prépondérant que sa composition précise.

## SITUATION SUR LE TERRAIN

Suite à la diffusion de l'information (fiche technique, formations, visites de vergers...), la demande a été assez dynamique et régulière, de la part de producteurs professionnels ou amateurs, souhaitant se fournir en graines ou en plants d'inule, et avoir des précisions quant à la mise en place des plantes dans le verger. On recense aujourd'hui plusieurs dizaines de sites où l'inule a été mise en place, selon des configurations variées (en bandes ou de façon isolée, dans ou autour du verger...).

L'apparition des galles, signifiant la présence de la mouche de l'inule *Myopites stylata*, n'y est pas systématique, et dépend étroitement des conditions environnementales : pression en pesticides, mais aussi ensoleillement, exposition au vent... (travaux d'Edy Spagnol non publiés).

Afin de pallier ce manque de galles, une première implantation de galles collectées en Italie a été réalisée début 2011 chez quelques producteurs motivés, chez qui l'inule est abondante.

Des collectes de galles de plusieurs bassins de production (Corse incluse) ont ensuite été organisées, pour identifier les espèces de parasitoïdes émergés. Ainsi, sur 257 galles suivies par le CIRAD, on trouve :

- 139 Myopites émergés,
- 263 parasitoïdes émergés de 9 espèces différentes.

On retrouve à ce jour les espèces suivantes : *Pteromalus myopitae*, *P. semotus*, *Eupelmus fulvipes*, *Torymus sp.*, *Torymoides kiesenwetteri*.

Les résultats de ces suivis semblent donc montrer à ce jour qu'*E. urozonus* n'émerge pas des galles collectées en France continentale, mais uniquement de Corse, ou de régions plus méditerranéennes (Espagne, Grèce, Italie). Cela demande à être confirmé par l'observation des galles qui seront collectées par la suite. La bibliographie indique d'ailleurs un blocage du développement d'*Eupelmus urozonus*, en fonction des conditions climatiques rencontrées : c'est ce qui pourrait expliquer un différentiel dans les émergences selon les régions d'origine.

## CONCLUSIONS

Les travaux approfondis sur ces relations trophiques ont toutefois permis d'identifier d'autres liens écologiques entre l'olivier et d'autres plantes de son environnement. L'agroécologie en est à ses débuts, et il apparaît aujourd'hui que nos lacunes en terme de compréhension des mécanismes écologiques sont importantes.

Si en France continentale l'inule ne joue pas un rôle régulateur fonctionnel au travers d'*E. urozonus*, Il semble néanmoins qu'elle soit impliquée dans une régulation écologique par des mécanismes qu'il reste à clarifier (travaux en cours à l'INRA dans le cadre d'une thèse qui démarre, et au CIRAD). La plante est en effet très mellifère, et attire tardivement (octobre) de nombreux hyménoptères en plus des abeilles : son rôle de plante nourricière ne doit pas être négligé, à une époque où peu de fleurs sont disponibles dans l'environnement. Les nectars et pollens sont des ressources énergétiques précieuses pour les insectes parasitoïdes, comme cela a pu être clairement démontré pour d'autres espèces parasites des méligèthes ou de pucerons des cultures (travaux de Winkler *et al.*, par exemple).

Un autre effet suspecté pourrait être lié à la répulsivité de la plante vis-à-vis de l'entomofaune, mais l'effet à l'échelle d'un verger entier doit encore pouvoir être démontré.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Boccaccio L., Petacchi R., 2009. Landscape effects on the complex of *Bactrocera oleae* parasitoids and implications for conservation biological control. *BioControl*, Vol, 54(5), 607-616
- Fimiani P., M.C. Digilio, 1993. Bionomics of *Myopites stylata* F. (Diptera, Tephritidae) and its natural enemies in vivara islands (gulf of Naples). *Bolletino della Societa Dei Naturalista in Napoli* 101 : 53-63
- Franco-Mican S., J. Castro, M. Campos, 2010, Preliminary study of the parasitic complex associated with *Dittrichia viscosa* in Andalusia, *IOBC/WPRS Bulletin* 53: 139-143  
<http://handle.digital.csic.es/bitstream/10261/42601/1/ARTICULOS290269%5b1%5d.pdf>
- Isaakidès K.A., 1957. Sur la lutte biologique contre le *Dacus oleae* Rossi. *Entomophaga* 2 : 245-249
- Louskas C. 1977. Etude de la biologie d'un parasite *Eupelmus urozonus* Dalm. (Hym. Eulophidae) en vue de son éventuelle utilisation contre *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. Trypetidae) dans les oliveraies en Grèce. Thèse Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 132 pages.
- Michelakis S.E., 1986. Parasitoids for the control of *Dacus oleae* in Crete. *7e Journées de Phytatrie et de Phytopharmacie Circum Mediterraneennes*, Khania (Greece), 24-28 Sep 1984, *Bulletin OEPP*, v. 16(2) p. 389-393
- Warlop F., 2006. Limitation des ravageurs de l'olivier par le recours à la lutte biologique par conservation. *Cahiers Agricultures*, 15(5) : 449-455
- Winkler K., F. Wäckers, G. Bukovinszkyne-Kiss, J. van Lenteren, 2006. Sugar resources are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field conditions. *Basic Appl. Ecol.* 7 : 133-140

## Actions de diffusion

### François Warlop - GRAB

Dans le cadre des activités du Casdar, F. Warlop a, outre des activités d'expérimentation, organisé des visites d'exploitation, afin de partager les expériences entre producteurs et techniciens, et afin de collecter des données sur les coûts de production de l'huile d'olive en fonction des caractéristiques annuelles.



*Visite chez Robert Valette (34) en novembre 2011*