

Moyens de lutte alternatifs et efficience des Pyrèthres naturels pour lutter contre le vecteur de la flavescence dorée

1: Introduction

La flavescence dorée est une jaunisse de la vigne due à un phytoplasme qui ravage les vignobles européens. Cette maladie se propage par deux moyens : la cicadelle *Scaphoideus titanus* et le matériel végétal contaminé. Cette maladie

est classée comme maladie de quarantaine et elle est réglementée par des arrêtés ministériels. Ces derniers permettent de lutter contre le vecteur *S. titanus* à travers des P.L.O (plans de lutte obligatoire) définis par commune. La lutte obligatoire vise les stades larvaires de la cicadelle (principalement les stades L3 et L4) (figure 1). En agriculture biologique (AB), cette lutte se fait à l'aide des Pyrèthres naturels (Pyrévert®). C'est un produit non sélectif, onéreux (75€/ha) et avec un effet choc. L'objectif de cet essai est de trouver un moyen de lutte alternatif aux Pyrèthres naturels et/ou augmenter son efficience, tout en étant respectueux de l'environnement et plus économique.

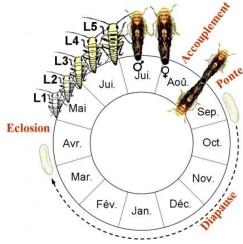


Figure 1 : Cycle de la cicadelle S.titanus

2 · Matériels et Méthodes

21. PRODUITS TESTÉS

Dans cet essai, on teste différentes modalités de traitement et associations de produits. Chacun des produits est testé pour ses propriétés qui auraient un effet supposé dans la lutte contre la cicadelle de la flavescence dorée.

Le PYREVERT® est un extrait végétal obtenu par extraction de fleurs de *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Il est utilisé ici comme référence et en association avec d'autres produits. Il s'agit d'un insecticide neurotoxique d'origine naturelle ayant une action par contact et agissant par effet de choc.

Le PREV-AM Plus® est homologué contre le mildiou et l'oïdium depuis avril 2012 ainsi que comme insecticide sur d'autres cultures que la vigne. Ce produit est à base d'huile essentielle d'orange et a un effet rapide mais court sur les spores et les champignons en asséchant le milieu. Il a également un effet, sur les insectes à corps mou : dégradant sur leur cuticule, bloquant de leurs voies respiratoires et asséchant sur le corps et les ailes.

L'OVIPHYT®: est une huile blanche (huile de paraffine) utilisée pour ses propriétés asphyxiantes sur les œufs et les jeunes larves. Actuellement, ce produit est utilisé en arboriculture pour traiter les pucerons sur pommiers et pruniers en sortie d'hiver. Ce produit est aussi utilisé pour lutter contre les cochenilles dans les agrumes.

L'ARGILE SOKALCIARBO® WP est une argile calcinée originaire du massif Armoricain. Elle est déjà utilisée en viticulture comme barrière minérale répulsive. Elle présente une double action : perturbation du cycle des ravageurs (confusion visuelle, diminution de l'appétence) et protection contre les coups de soleil et les stress thermiques, ce qui permet une optimisation de la photosynthèse lors de fortes chaleurs.

LE BNA PRO® (hydroxyde de calcium) permet une barrière physique et agit par modification de l'aspect de la texture du bois de la vigne. Ceci perturbe les insectes dans la reconnaissance de la plante, le cycle de ponte et l'alimentation. Il est utilisé en arboriculture pour lutter contre *Nectria galligena*.

Le **QUASSIA** est une écorce de bois de quassia broyée de laquelle on extrait la quassine qui aurait des propriétés larvicides. Actuellement, cette plante est aussi testée pour lutter contre l'Hoplocampe du pommier au moment de l'éclosion des œufs.

L'HUILE PARAFFINIQUE D'ETE permet la formation d'un film gras imperméable sur les larves de ravageurs empêchant les échanges gazeux avec l'atmosphère et entraînant leur asphyxie. Elle est actuellement homologuée pour la lutte les acariens en pépins.

L'INSECTICIDE DE BIOCONTROLE est un insecticide à base d'extrait végétal. C'est une alternative aux insecticides conventionnels qui a un effet par ingestion avec un triple mode d'action : arrêt de l'alimentation, perturbation de la mue et inhibition de la reproduction. Il est actuellement homologué pour l'horticulture ainsi que pour des cultures légumières.

22 · MODALITÉS TESTÉES

Les traitements sont réalisés hors zone de lutte obligatoire car nous avons besoin pour l'essai d'une référence témoin qui est sans traitement. En Dordogne la majorité des exploitations viticoles sont en P.L.O, ce qui signifie que les viticulteurs sont obligés de traiter contre la flavescence dorée. L'unique traitement homologué en AB est le Pyrevert® utilisé à une dose de 1,5L/ha. En moyenne, les viticulteurs réalisent 2 traitements dans la période de mai à juillet.

Nous avons testé les modalités suivantes (tableau 1) :

1. Modalités avec du Pyrévert® :

- Référence technique (RT) : traitement Pyrévert® à une dose de 1,5L/ha. 2 répétitions.
- Référence technique bis (RTbis) : traitement Pyrévert® à une dose de 1,5L/ha. Traitement unique.
- P.PA : Traitement Pyrévert® à une dose de 1,5L/ha suivi d'une application de Prév-AM® à une dose de 1,8L/ha. **Traitement unique.**

2. Modalités avec de l'Oviphyt ® :

- Ov. : Traitement Oviphyt® précoce à une dose de 10L/ha. Traitement unique.
- Ov.HYCa: Traitement Oviphyt® précoce à une dose de 10L/ha (traitement unique) + BNA Pro® à une concentration de 20%. 2 répétitions.

- Ov.ArKao : Traitement Oviphyt® précoce à une dose de 10L/ha + traitement précoce à l'Argile kaolinite calciné SOKALCIARBO® WP à une concentration de 30kg/ha. **Traitement unique**.

3. Autres modalités :

- PA: Traitement Prev-Am Plus® à 1,8L/ha. **3 à 6 répétitions** en fonction des résultats du suivi par comptages des larves de *S.titanus*.
- ArKao : Traitement argile à 30kg/ha (2 répétitions) suivi d'un traitement argile à 20kg/ha (Traitement unique).
- Quassia : Traitement quassia à 300g/ha. 2 répétitions.
- Huile paraffinique : Traitement huile paraffinique d'été à 2,5L/ha. 2 répétitions.
- IB: Traitement insecticide de biocontrôle à 3L/ha. 3 répétitions.

Tableau 1 : modalités de traitement

Nom de modalité	Traitement ovicide	Traitement larvicide	Traitement larvicide	Traitement larvicide
		1	2	3
TNT				
RT			Pyrévert® 1,5L/ha	Pyrévert® 1,5L/ha
PA		Prev-Am Plus®	Prev-Am Plus®	Prev-Am Plus®
		1,8L/ha (x1 à 2)	1,8L/ha (x1 à 2)	1,8L/ha (x1 à 2)
ArKao	30kg/ha Argile	30kg/ha Argile	20kg/ha Argile	
	SOKALCIARBO® WP	SOKALCIARBO® WP	SOKALCIARBO® WP	
Ov.	Oviphyt® 10L/ha			
Ov.HYCa	Oviphyt® 10L/ha		BNA Pro® à 20%	BNA Pro® à 20%
Ov.ArKao	Oviphyt® 10L/ha +			
	30kg/ha Argile			
	SOKALCIARBO® WP			
Huile paraffinique			Huile paraffinique	Huile paraffinique
d'été			2,5L/HI	2,5L/HI
Quassia*		Quassia 300g/ha	Quassia 300g/ha	
IB		Insecticide 3L/ha	Insecticide 3L/ha	Insecticide 3L/ha
RT bis			Pyrévert® 1,5L/ha	
P.PA			Pyrévert® 1,5L/ha	Prev-Am Plus®
				1,8L/ha

^{*:} Modalité positionnée plus tôt cette année en raison des résultats obtenus lors des expérimentations menées en 2018.

Les pulvérisations s'effectuent sur la base de 300 L/ha de bouillie au pulvérisateur à dos. Concernant les modalités Huile paraffinique d'été et Ov.HyCa, la pulvérisation s'effectue sur la base de 500L/ha.

Lors de cet essai, les traitements au Pyrévert®, Prev-Am plus®, Quassia, huile paraffinique d'été et insecticide de biocontrôle s'effectuent sur le feuillage du fait de l'action par contact de ces produits. Dans le cas des traitements à l'huile paraffinique d'été, il est nécessaire de laisser un intervalle de 5 jours avec tout traitement cuivre/soufre pratiqué par le viticulteur car cela peut entraîner de la phytotoxicité. Les traitements à l'argile kaolinite et au BNA Pro® sont réalisés sur la totalité du cep en raison de leur rôle de barrière physique ainsi que sur les piquets en bois (les piquets

non écorcés étant des sites de ponte pour *Scaphoideus titanus*). Le même type d'application est réalisé dans le cas du traitement à l'oviphyt[®], son application précoce limitant les problèmes de phytotoxicité.

Les traitements sont réalisés préférentiellement le matin de manière à avoir un impact moindre sur les pollinisateurs.

Des tests ont été effectués avant le premier traitement pour étalonner l'appareil afin de définir la vitesse d'avancement et le débit exact de l'appareil. Les autres traitements au cuivre et au soufre sont réalisés par le viticulteur.

Les modalités RT bis et P.PA sont traitées à part car elles portent sur un nombre plus important de ceps.

2.3: LIEU DE L'ESSAI

La parcelle d'essai se situe sur la commune de Boisse au Domaine de La Mique (figure 2). Cette commune se trouve hors zone de Plan de Lutte Obligatoire et la parcelle n'a été traitée avec des Pyrèthres naturels que lors des essais de l'an passé uniquement sur 4 micro-parcelles. La population larvaire est correcte. Cette parcelle a peu de pieds manquants ce qui a facilité la mise en place de l'essai. Cette parcelle est plantée en Merlot depuis 1991 avec une densité de 4000 pieds/ha.

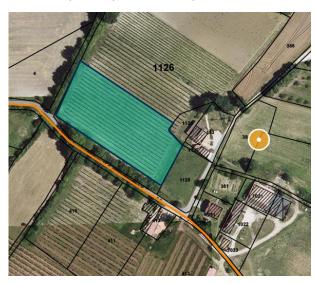


Figure 2 : Vue aérienne de la parcelle (géoportail)

2.4: DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Cette année, deux dispositifs expérimentaux sont mis en place car les modalités RTbis et P.PA sont testées sur une plus grande surface isolée du reste de l'essai.

Le premier dispositif expérimental retenu est un carré latin incomplet constitué de quatre blocs aléatoires (figure 3). Chaque bloc est composé de 10 modalités. Ce dispositif a été choisi pour pouvoir étudier le facteur ; traitement appliqué, en atténuant les gradients d'hétérogénéité de la parcelle (notamment la pente).

Dans cet essai le produit de référence pour la lutte contre la cicadelle de la flavescence dorée (le Pyrévert®) est inclus via la modalité RT complété par un témoin non traité car les parcelles étudiées sont hors plan de lutte obligatoire. La RT (référence technique) et le TNT (témoin non traité) permettent une comparaison de l'efficacité des différents traitements sur la population de cicadelles. Pour réaliser cette comparaison, on utilise des tests statistiques.

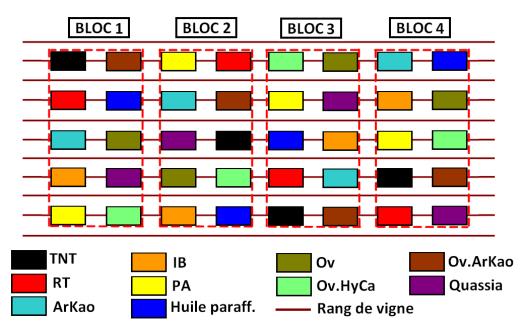


Figure 3 : Plan du dispositif 1 mis en place dans la parcelle

Dans ce dispositif un seul facteur intervient :

- Le facteur traitement avec 10 modalités

Au total, il y a 4 répétitions de chaque modalité. Chaque bloc comprend 10 micro-placettes et chaque micro-placette est composée de 10 ceps.

Chaque modalité a été placée dans les blocs de manière à ce qu'il n'y ait pas deux fois la même modalité sur une ligne ou une colonne. 2 ceps servent de tampon entre les modalités pour permettre la mise en route correcte de l'appareil et ainsi avoir des ceps correctement traités dans chaque modalité. Les ceps servant de tampon ne sont pas pris en compte lors des comptages.

Le second dispositif (figure 4) consiste en 2 rangs consacrés au test des modalités :

- 1 traitement Pyrévert® (Référence Technique bis)
- 1 traitement Pyrévert[®] + 1 traitement Prev-Am Plus[®]

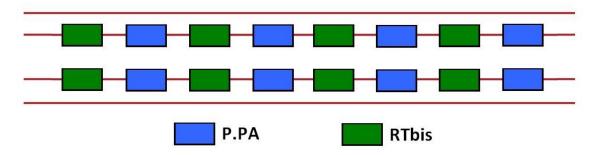


Figure 4 : Plan du dispositif 2 mis en place dans la parcelle

Pour chacun de ces rangs, chaque modalité est appliquée sur 4 micro-parcelles intercalées avec celles de l'autre modalité. Chaque micro-parcelle correspond toujours à 10 ceps et on laisse 2 ceps tampon entre chaque micro-parcelle. Sur l'ensemble des deux rangs, les modalités sont donc testées chacune sur 8 micro-parcelles. L'association

des traitements Pyrevert® et Prev-Am Plus® ayant donné des résultats prometteurs les années précédentes, l'objectif cette année est de tester cette modalité sur davantage de ceps pour avoir des résultats statistiques plus fiables.

Les observations et les comptages de larves se font aléatoirement sur les 8 ceps parmi les 10 ceps qui composent chaque micro-placette de nos dispositifs, les ceps des extrémités étant exclus pour éviter un effet bordure. Ces observations et comptages sont réalisés sur toutes les modalités.

Afin de faciliter l'interprétation des résultats, on note les conditions météorologiques pouvant influer sur le comportement des produits testés avant, pendant et peu après leur application.

2.5: COMPTAGES DES LARVES

Un premier comptage est réalisé avant le premier traitement larvicide. Ce comptage sert de référence et sera noté (T0). Il consiste à compter, dans chaque micro-parcelle, les larves présentes sur la face inférieure de 50 feuilles (25 feuilles de vigne de chaque côté du rang) sans détacher les feuilles et en les retournant délicatement pour ne pas faire tomber les larves. Les comptages sont réalisés préférentiellement le matin lorsque les larves sont les moins mobiles et au moins 3 jours après une forte pluie ou un traitement (le temps que les larves tombées soient remontées sur les feuilles). Une fois ce comptage effectué, les premiers traitements peuvent-être réalisés.

Une fois le premier traitement réalisé (quelle que soit la modalité), un comptage des larves et une identification des stades sont réalisés à T+3, T+7 et T+10 après le traitement afin de suivre l'évolution de la population et connaître l'efficacité du produit. Ces temps d'observation peuvent varier en fonction de la météo et ces comptages sont renouvelés après chaque nouveau traitement.

Les comptages débutent à 7h et peuvent se terminer à 13h si ils ont lieu sur l'ensemble des modalités. Les heures les plus fraîches sont idéales car les larves sont moins mobiles, mais cela peut prendre trop de temps pour tenir sur la matinée.

Remarque: un T+10 peut correspondre aussi à un T0 et donc servir de référence pour le traitement suivant.

2.6: COMPTAGES DES ADULTES

Pour réaliser le comptage des adultes, des pièges tri-\Danglués© sont installés dans la parcelle. Les pièges sont mis en place une fois les traitements de l'essai réalisés. En effet, en raison du cycle de développement de *S.titanus*, le stade adulte n'est présent qu'à la fin de l'essai. Un piège est installé dans chaque parcelle car l'insecte vecteur est mobile et ne reste pas forcément dans la même parcelle. Les pièges sont relevés une fois par semaine.

3 : Résultats pour les modalités et les stratégies en 2019

3.1: ANALYSE GRAPHIQUE GLOBALE DU DISPOSITIF 1

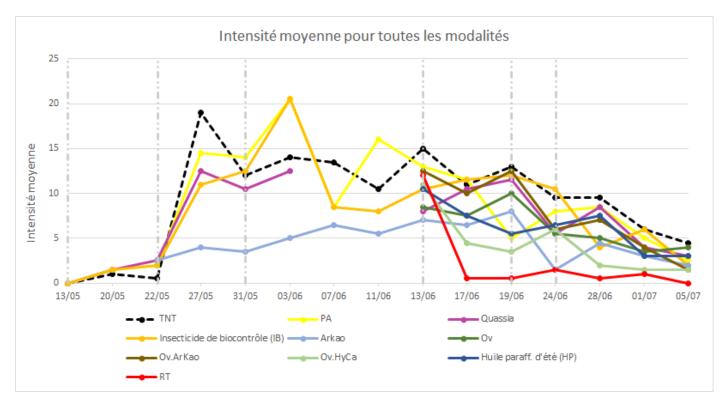


Figure 5 : Intensité moyenne larvaire dans l'essai de toutes les modalités pour toutes les dates de comptage

Graphiquement, il est difficile de distinguer clairement des groupes (figure 5). Cependant, on peut relever que l'intensité moyenne (nombre de larves pour 100 feuilles) de la modalité TNT (Témoin Non Traité) reste globalement la plus élevée. On a donc bien une population de larves moyenne supérieure à celle des modalités avec traitement. Le fait qu'elle soit ponctuellement dépassée par celle d'autres modalités peut s'expliquer simplement par la faiblesse de la population de cicadelles qui donne de l'amplitude à de faibles variations. Les intensités les plus élevées dépassent à peine 20 larves pour 100 feuilles tout au long de l'essai. Il est également à noter que les modalités PA et IB semblent présenter des valeurs contre-intuitives avec des intensités moyennes qui ne montrent aucune diminution suite aux traitements et tendent même à croître.

On peut également distinguer la modalité RT (Référence Technique) pour laquelle l'intensité est inférieure au seuil réglementaire de 3 larves pour 100 feuilles dès le premier traitement et demeure inférieure à ce seuil jusqu'à la fin des comptages. Ce seuil réglementaire est défini par la FREDON pour juger de l'efficacité de la lutte. La modalité Ov. HyCa et, dans une moindre mesure, la modalité ArKao semblent suivre une évolution similaire à la modalité RT quoiqu'un peu moins évidente sur simple interprétation graphique. En revanche, les traitements ayant commencé plus tôt en ce qui concerne la modalité ArKao, on peut constater graphiquement que les premières applications d'argile ont grandement limité le pic de larves du 27 mai visible pour les autres modalités et que le traitement suivant a permis de conserver une intensité qui demeure dans les plus basses tout au long de la période d'essai. Les efficacités de ces trois modalités seraient jugées acceptables dans le cadre d'une lutte obligatoire.

Les autres modalités présentent des intensités globalement plus proches du TNT. Il est à noter que les intensités moyennes des différentes modalités tendent à se rejoindre à la fin de l'essai avec la diminution de la population larvaire qui est demeurée relativement faible tout au long de l'essai.

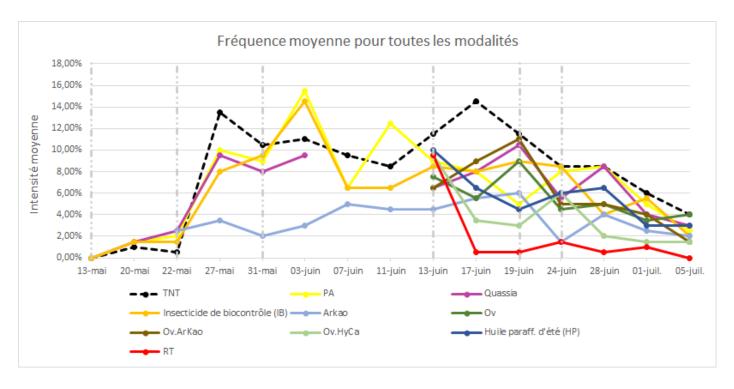


Figure 6 : Fréquence moyenne larvaire dans l'essai de toutes les modalités pour toutes les dates de comptage

À titre indicatif, nous avons réalisé le même type de représentation avec la fréquence moyenne de larves (figure 6), soit le pourcentage de feuilles où la présence de larves de *S.titanus* est relevée. La représentation graphique des fréquences moyennes amène sensiblement les mêmes observations que celle des intensités moyennes. Cette donnée n'apporte pas plus d'information est n'est donc pas étudiées plus en détail.

3.2: ANALYSE STATISTIQUE GLOBALE DU DISPOSITIF 1

L'étude statistique repose sur le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis car nos données ne respectent pas les conditions d'application pour une Anova. Le test de Kruskal-Wallis est suivi d'un test de Tuckey afin d'identifier précisément les modalités présentant des différences significatives. Cela nous permet à terme de grouper les modalités présentant une évolution similaire. La population larvaire très réduite cette année a pour conséquence de ne donner que peu de résultats significatifs, les différences entre modalités reposant sur un nombre de larves réduit. De même la variabilité des comptages au sein des différents réplicas d'une même modalité va influer sur la significativité.

Nous nous sommes également assuré qu'il n'y avait pas d'effet Bloc, toujours via un test de Kruskall-Wallis, et n'avons rien obtenu de significatif à ce propos quelle que soit la modalité.

Nous procéderons toujours de la même manière pour les analyses statistiques mentionnées par la suite.

Ces tests nous ont permis de former des groupes de modalités significativement proches les unes des autres (figure 7). Les lettres au-dessus des barres de l'histogramme représentent ces groupes. Si deux modalités portent la même lettre, alors elles sont significativement proches. En revanche, si elles portent des lettres différentes, elles sont significativement différentes.

Nous pouvons ainsi distinguer deux groupes principaux :

- Le groupe a regroupant les modalités significativement proches de la référence technique (RT) comprenant :
 RT, ArKao et Ov.HyCa,
- Le groupe **b** regroupant les modalités significativement proches du TNT comprenant :

 TNT, PA, Ov., Ov.ArKao, Huile paraff. (HP), Insect. Bioc. (IB) et Quassia

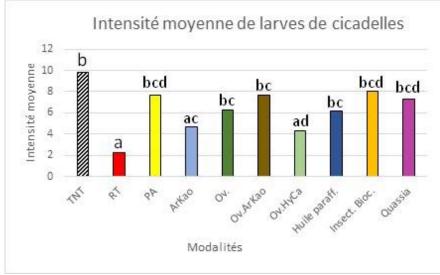


Figure 7: groupes statistiques des modalités en fonction de leur ressemblance sur la base de leurs intensités moyennes

Se forment ensuite des groupes de similarité plus intermédiaires que sont :

- Le groupe **c** comprenant les modalités : PA, ArKao, Ov., Ov.ArKao, Huile paraff (HP), Insect. Bioc. (IB) et Quassia.
- Le groupe **d** comprenant les modalités : PA, Ov.HyCa, Insect. Bioc. (IB) et Quassia.

Ici, le groupe qui nous intéressera le plus sera le groupe **a** qui comprend les modalités avec les intensités moyennes les plus faibles et donc celles pour lesquelles les traitements ont donné les meilleurs résultats.

3.3: ANALYSE GRAPHIQUE ET STATISTIQUE PAR MODALITE DU DISPOSITIF 1

Le TNT (figure 8) présente globalement la population larvaire la plus importante sur l'ensemble de la période de l'essai. Graphiquement, elle se situe au-dessus de la majorité des modalités traitées exception faite des modalités PA et IB de manière occasionnelle. Cela peut s'expliquer par la faible population larvaire qui amplifie de faibles variations larvaires ou par des valeurs aberrantes dans les modalités PA et IB.

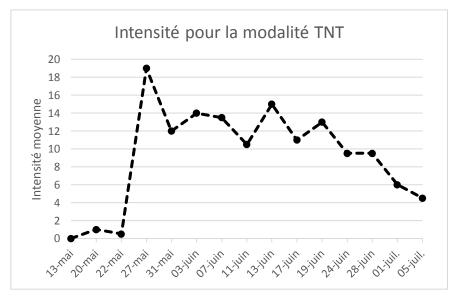


Figure 8 : Intensité moyenne larvaire du TNT pour toutes les dates de comptage

Au début de l'essai, la population larvaire est faible et la modalité TNT est couramment dépassée par les modalités IB, PA, Quassia et ArKao. Cependant, ces dépassements ne reposent que sur 1 ou 2 larves, ce qui les rend non-significatifs. La population larvaire croît ensuite brutalement pour atteindre un pic le 27 mai. Par la suite, on a une diminution de la population larvaire jusqu'à la fin de l'essai avec de nouveaux pics occasionnels, mais qui restent inférieurs à l'intensité relevée de 27 mai.

Plusieurs causes peuvent expliquer cette diminution de la population larvaire au cours de l'essai :

- Passage au stade adulte,
- les larves deviennent de plus en plus mobiles au cours de leur développement,
- la densité de feuillage de la vigne augmente naturellement sur la période de comptage entraînant une
 « dilution » de la population de cicadelles,
- la prédation,
- la mortalité naturelle entre les stades larvaires.

Statistiquement, la modalité TNT ne se distingue que des modalités RT, Ov.HyCa et ArKao. La population larvaire moyenne de la modalité TNT est de 9,8, ce qui est très légèrement supérieur aux modalités PA (7,6), Quassia (7,3), IB (8,1), Ov. (6,29), HP (6,21) et Ov.ArKao (7,6). La différence est déjà plus nette en comparaison des modalités ArKao (4,6), Ov.HyCa (4,3) et RT (2,3), mais elle demeure faible. C'est beaucoup moins que l'an passé où l'on avait une population larvaire moyenne de la modalité TNT de 25.

On note que pour certaines dates la modalité TNT n'a pas la population larvaire la plus importante. Ces différences de population peuvent s'expliquer par un déplacement des larves au sein des modalités et depuis les rangs non traités à proximité ainsi que par la faible population larvaire de cette année qui fait apparaître graphiquement des différences reposant sur un nombre de larves très faible. On note que pour les dates du 31/05, 03/06, 11/06 et 17/06 le TNT avait une population larvaire plus faible que PA. De même, pour les dates du 31/05, 03/06, 17/06 et 24/06 06 le TNT avait une population larvaire plus faible que IB. Cependant, ces dépassements reposent sur une différence de 6 larves maximum pour PA et IB le 03/06 et pour PA le 11/06 et sur une différence d'1 à 2 larves dans les autres cas. Aucune n'est significative statistiquement.

La modalité **RT** (figure 9) présente graphiquement une population larvaire inférieure à celle du TNT et des modalités Huile paraffinique d'été (HP), Insecticide de Biocontrôle (IB), Ov., Ov.ArKao, PA et Quassia. À TO, la population larvaire de RT est cependant statistiquement proche du TNT. Il n'y a donc pas apriori déficit en larves sur cette modalité.

Après le premier traitement au Pyrévert®, l'intensité moyenne du RT diminue nettement jusqu'à une intensité moyenne de 0,5 puis oscille entre 0 et 2 larves. L'effet du premier traitement est significatif car l'intensité moyenne

de RT à la date du 13/06 est significativement différente de toutes les dates suivantes d'un point de vu statistique. L'intensité larvaire de cette modalité passe donc sous le seuil réglementaire de 3 larves pour 100 feuilles dès le premier traitement et ne passe plus au-dessus de ce seuil jusqu'à la fin des comptages. L'effet du second traitement n'est donc pas significatif faute d'un nombre suffisant de larves.

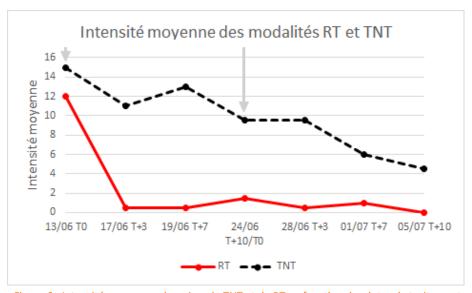


Figure 9 : Intensités moyennes larvaires du TNT et du RT en fonction des dates de traitement

Statistiquement, cette modalité se trouve dans le groupe **a** comprenant également les modalités ArKao et Ov.HyCa. Ce groupe statistique est significativement différent du TNT. Cependant, la modalité RT se distingue dans ce groupe car elle est également significativement différente des modalités Huile paraffinique d'été (HP), Insecticide de Biocontrôle (IB), Ov., O.ArKao, PA et Quassia.

La modalité RT permet une diminution de la population larvaire en dessous du seuil réglementaire. Aujourd'hui le Pyrévert® est utilisé par les vignerons dans le cadre de la lutte obligatoire et il s'agit du seul produit homologué en AB contre *S.titanus*. Ces résultats permettent de confirmer que le Pyrévert à une efficacité sur les larves de *S.titanus* et qu'il permet d'atteindre le seuil réglementaire de 3 larves pour 100 feuilles si les conditions d'utilisation sont respectées.

L'essai compte trois modalités avec une application précoce (au stade 3 à 5 feuille) d'Oviphyt® de 10L/ha. Nous allons donc analyser les résultats de ces modalités (figure 10) en regard les unes des autres pour tenter de voir tendance commune dont l'application d'Oviphyt® pourrait être responsable. Les dates de traitement indiquées sur ce graphique par les T0 correspondent

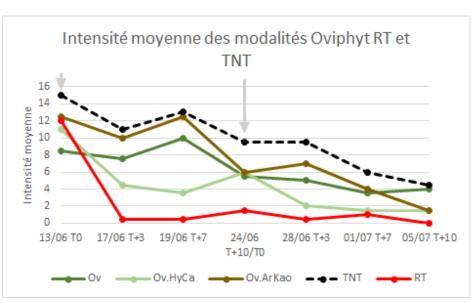


Figure 10 : Intensités moyennes larvaires du TNT, RT et des modalités avec Oviphyt®

aux traitements au BNA Pro® de la modalité Ov.HyCa, les autres modalités (Ov. et Ov. ArKao) reposant sur des applications précoces d'Oviphyt® et d'argile SOKALCIARBO® effectuées avant éclosion.

La modalité **Ov.ArKao** présente une population larvaire inférieure au TNT pour toutes les dates d'observations, mais cette différence est très faible, reposant au mieux sur 3 larves. Graphiquement, cette modalité est en dessous du témoin pour toute la durée de l'essai et suit la dynamique du témoin avec une population légèrement plus faible. En revanche, c'est la modalité avec Oviphyt[®] la plus éloignée du RT graphiquement.

Statistiquement, la modalité Ov.ArKao n'est pas significativement différente du TNT, mais est significativement différente du RT. Un unique traitement Oviphyt® et argile SOKALCIARBO® en début de saison ne semble pas suffisant à maintenir une population larvaire faible. On peut notamment tenter de l'expliquer par le lessivage de l'argile qui fait que l'on perd l'effet « barrière physique » en cours d'essai.

La modalité **Ov.HyCa** présente une population larvaire inférieure au TNT pour toutes les dates d'observations. Graphiquement, cette modalité est en dessous du témoin pour toute la durée de l'essai et présente un T0 à la date du 13/06 proche du témoin et des autres modalités avec Oviphyt® permettant d'exclure une population larvaire plus faible avant traitement sur cette modalité. Après le premier traitement HyCa on observe une baisse de la population larvaire jusqu'à passer sous un seuil de 4 larves pour 100 feuilles. Graphiquement, la population larvaire de cette modalité semble tendre à une ré-augmentation au vu du comptage du 24/06 (T0 du second traitement HyCa). Après le second, la population larvaire diminue de nouveau jusqu'à passer en dessous du seuil réglementaire de 3 larves pour 100 feuilles jusqu'à la fin des comptages. Globalement la population larvaire de cette modalité suit la dynamique du TNT. La modalité Ov.HyCa est également la plus proche du RT graphiquement.

D'un point de vue statistique, cette modalité est significativement différente du TNT et se trouve dans le groupe **a** avec les modalités RT et ArKao. Cette modalité permet une diminution de population suffisante pour atteindre le seuil de 3 larves. Cependant, cela est à relativiser avec la faible population larvaire de cette année.

La modalité **Ov.** présente une population larvaire inférieure au TNT pour tous les comptages. Graphiquement, cette modalité est en dessous du témoin pour toute la durée de l'essai. On peut noter que cette modalité suit globalement la même dynamique d'évolution de la population larvaire que le TNT avec une population plus faible intermédiaire entre le TNT et la modalité Ov.HyCa.

Statistiquement, la différence entre la modalité Ov. Et le TNT n'est jamais significative du fait qu'elle repose sur 6 larves dans le meilleur des cas. Il serait intéressant de pouvoir reproduire ces essais sur une population larvaire plus importante pour voir si cette différence devient significative. De plus, si la modalité Ov. n'est jamais significativement différente de TNT, elle l'est en revanche de la modalité Ov. HyCa et du RT.

Les modalités avec Oviphyt® ont toutes bénéficiées d'un traitement Oviphyt® précoce. Néanmoins, que ce soit de manière graphique ou statistique, ces modalités ne se distinguent pas des autres par une évolution similaire. Si ces modalités demeurent constamment en dessous du TNT, la différence n'est pas significative pour deux d'entre elles (Ov. et Ov.ArKao). Cela ne nous permet pas de conclure à un effet dû à l'application d'Oviphyt®. Il serait intéressant de réaliser les mêmes tests avec une population larvaire plus importante afin de voir si les modalités avec Oviphyt®. montrent une évolution sensiblement proche se distinguant des autres modalités.

La modalité **ArKao** (figure 11) présente une population larvaire toujours inférieure au TNT. Graphiquement, son évolution semble être intermédiaire entre le TNT et le RT quoique plus proche du RT. On constate que cette modalité suit globalement la même dynamique d'évolution de la population larvaire que le TNT avec une population parfois significativement plus faible pour des différences pouvant aller jusqu'à 15 larves (voire intensité moyenne du

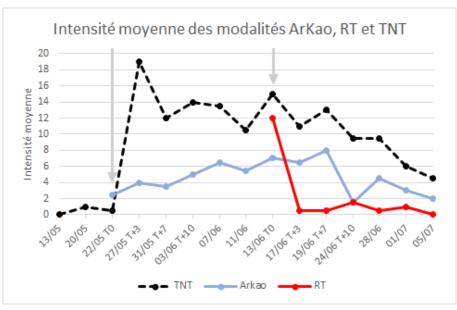


Figure 11 : Intensités moyennes larvaires du TNT, de RT et de la modalité ArKao pour toutes les dates de comptage

27/05). Les traitements de la modalité ArKao font partie des traitements ayant débuté le plus tôt dans la saison, le premier ayant eu lieu précocement le 18/04, avant éclosion et le second ayant eu lieu le 22/05, aux premières larves. On constate d'ailleurs graphiquement que ces premiers traitements à l'argile ont largement amorti le pic de population larvaire du 27/05 visible sur le TNT et les modalités PA, IB et Quassia malgré un premier traitement. On ne peut cependant pas déterminer si cet effet est dû uniquement au traitement du 22/05 ou à l'effet combiné de ce traitement et du traitement précoce. Par la suite, la population larvaire de la modalité ArKao semble tendre à une augmentation très progressive, malgré un second traitement le 13/06, jusqu'au 19/06. Suite au 19/06, la population larvaire est de nouveau à la baisse et passe sous la barre des 5 larves pour 100 feuilles.

D'un point de vue statistique, la modalité ArKao est significativement différente du TNT et non significativement différente de la modalité RT. Elle appartient au groupe statistique a avec RT et la modalité Ov.HyCa. L'effet d'atténuation du pic larvaire du 27/05 des deux premiers traitements est également significatif. On a donc bien une efficacité de ces traitements sur la population larvaire qui n'est pas due à une population larvaire initiale plus faible car du même ordre que les autres modalités. Cette modalité permet une diminution de population suffisante pour atteindre le seuil réglementaire de 3 larves pour 100 feuilles. Cependant, cela est à relativiser avec la faible population larvaire de cette année.

La modalité **PA** (figure 12) présente une population larvaire ponctuellement plus importante que celle du TNT et son évolution suit sensiblement la même dynamique. Ces dépassements sont particulièrement visibles sur les comptages du 03/06 et du 11/06. Cependant, ces dépassements de la population larvaire du TNT ne sont pas statistiquement significatifs. On peut donc considérer qu'il s'agit d'une variabilité normale compte tenu de la faible population de larves. On peut également considérer qu'il s'agit là de valeurs aberrantes car on a augmentation de l'intensité moyenne après chacun des traitements au lieu de la baisse attendue et ces augmentations ne peuvent pas toutes s'expliquer par une augmentation globale de la population larvaire du site d'essai. Le manque d'efficacité du

dernier traitement du 19/06 peut en revanche potentiellement s'expliquer par la légère pluie de fin de matinée et les pluies de l'après-midi qui ont pu interférer avec l'effet asséchant Prev-Am Plus®.

Sur la période d'essai, 4 traitements au Prev-Am Plus® ont été réalisé pour 3 à 6 traitements prévus en fonction de l'évolution de la population larvaire. Pour des raisons de météo et de disponibilité du matériel, le dernier

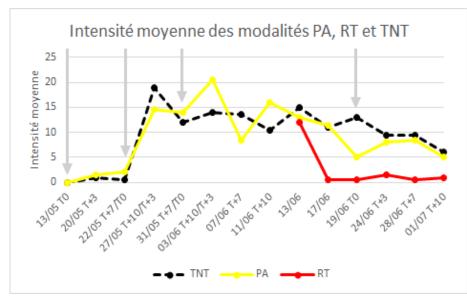


Figure 12 : Intensités moyennes larvaires du TNT, du RT et de la modalité PA en fonction des dates de traitement

traitement a été réalisé plus de 15 jours après le troisième, au lieu des 7 jours prévus initialement, ce qui a pu influer sur son efficacité. Aucun des traitements n'a un effet significatif sur la population larvaire.

D'un point de vu statistique, la modalité PA appartient au groupe **b** avec le TNT. Cependant, au vu du nombre de valeurs aberrantes de cette modalité, on ne peut conclure sur l'efficacité de ces traitements. Il faudra envisager une application différente du Prev-Am Plus® dans les prochains essais, que cela soit au niveau des dates d'application ou des doses. Il est à noter que c'est la première fois que le Prev-Am Plus® est testé seul dans une modalité et non en association avec d'autres traitements.

La modalité Quassia (figure 13) présente une population larvaire qui demeure proche de la modalité TNT bien qu'elle lui reste légèrement inférieure. Sa population suit une évolution proche de celle du TNT jusqu'à la fin des comptages. Graphiquement, les traitements au quassia du 13/05 et du 22/05 semble avoir légèrement atténué le pic de population du 27/05, mais pas suffisamment pour que cet effet demeure tout au long

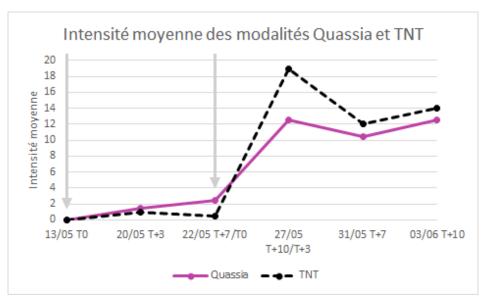


Figure 13: Intensités moyennes larvaires du TNT et de la modalité Quassia en fonction des dates de traitement

de l'essai et de manière bien moins visible que la modalité ArKao. De plus la différence d'intensité moyenne entre la modalité Quassia et le TNT reste très faible (6 larves dans le meilleurs des cas). C'est la seconde année que ce produit est testé, mais cette fois-ci les applications ont été réalisées plus précocement suite aux observations de l'an passé et

aux recherches bibliographiques. En effet, le quassia est supposément plus efficace sur les jeunes larves (stades L1 et L2), raison pour laquelle les traitements de cette année ont été positionnés en début d'éclosion.

Statistiquement, la population larvaire de la modalité Quassia n'est pas significativement différent du TNT. Elle appartient au groupe statistique **b** avec le TNT. En revanche, elle est significativement différente du RT ce qui semble démontrer une efficacité insuffisante de ces traitements pour cette année. Ces résultats sont cependant à relativiser au vue de la faible population larvaire de cette année. Il serait également hâtif de conclure sur seulement deux années de tests sachant que les modalités ont changés entre ces deux années. Cependant, les essais sur le Quassia ne seront probablement pas reconduites car le fournisseur a cessé de le produire et que les essais de cette années ont été réalisé sur des fond de réserve.

La modalité Huile Paraffinique d'été (HP) (figure 14) présente une population larvaire inférieure au TNT pour tous les comptages. Graphiquement, cette modalité est en dessous du témoin pour toute la durée de l'essai. On peut noter que cette modalité suit globalement la même dynamique d'évolution de population larvaire que le TNT avec population plus faible une intermédiaire entre le TNT et la

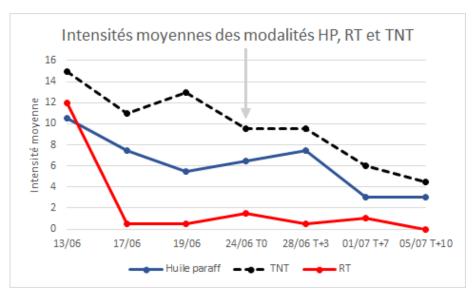


Figure 14 : Intensités moyennes larvaires du TNT et de la modalité Huile paraffinique d'été (HP) en fonction des dates de traitement

modalité RT. On note que ce produit est testé pour la première année. Il n'y a donc pas de recul sur les années précédentes comme pour les autres modalités. De plus, un seul traitement sur les deux prévus a été effectué. En effet, il s'est avéré difficile de trouver un créneau permettant de garder un intervalle de 5 jours avec les traitements cuivre et soufre avant et après traitement à l'huile paraffinique. Effectuer le second traitement plus tard ne présentait plus de réel intérêt car la population larvaire était devenue trop faible pour nous permettre de constater un quelconque effet. De plus, nous avons constaté une légère phytotoxicité dans les jours qui ont suivi ce traitement. Cette phytotoxicité s'est néanmoins limitée à moins de 10% des feuilles et n'a pas touché les grappes. On ne la constate de plus que sur le côté du rang en exposition sud-ouest et pas du tout en exposition nord-est. Le traitement ayant été effectué le matin, il faut peut-être envisager un traitement le soir afin de limiter le temps d'ensoleillement directement après traitement. On peut également envisager une modification de la dose ou du volume de bouillie appliqué.

Statistiquement, la différence entre la modalité HP et TNT n'est jamais significative du fait qu'elle repose sur 7 larves dans le meilleur des cas. La modalité HP appartient au groupe statistique **b** avec TNT. Il serait intéressant de pouvoir reproduire ces essais sur une population larvaire plus importante pour voir si cette différence devient significative.

La modalité Insecticide de Biocontrôle (IB) (figure 15) présente population larvaire une ponctuellement plus importante que celle du TNT et son évolution suit une dynamique proche. Le plus dépassement le visible graphiquement est celui du 03/06 bien qu'il soit ne statistiquement significatif. On ne peut donc exclure qu'il s'agisse d'une variabilité normale compte tenu de la faible population de

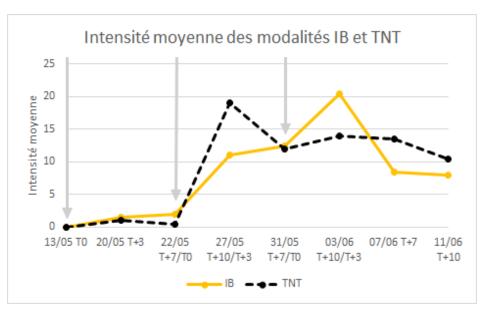


Figure 15 : Intensités moyennes larvaires du TNT et de la modalité Insecticide de biocontrôle (IB) en fonction des dates de traitement

larves. Tout comme pour la modalité PA, on a des valeurs aberrantes avec une augmentation de la population larvaire après chaque traitement, en opposition avec la baisse attendue. Une augmentation globale de la population larvaire sur la parcelle d'essai ne suffit pas à expliquer l'intensité moyenne relevée le 03/06.

De plus, nous avons constaté une légère phytotoxicité dans les jours qui ont suivi la troisième application de l'insecticide de biocontrôle du 31/05. Cette phytotoxicité s'est néanmoins limitée à moins de 10% des feuilles et n'a pas touché les grappes. On ne la constate de plus que sur le côté du rang en exposition sud-ouest et pas du tout en exposition nord-est. Le traitement ayant été effectué le matin, il faut peut-être envisager un traitement le soir afin de limiter le temps d'ensoleillement directement après traitement. On peut également envisager une modification de la dose ou du volume de bouillie appliqué.

Statistiquement, aucun des traitements n'a un effet significatif sur la population larvaire bien que les deux premiers traitements pourraient avoir contribué à limiter ou seulement retarder le pic de population du 27/05 puisque la modalité IB connaît son pic de population le 03/06. Statistiquement, la modalité IB appartient au groupe **b** avec le TNT. Cette modalité est en revanche significativement différente des modalités RT et Ov. HyCa.

On peut cependant difficilement conclure sur l'efficacité de cette modalité. À plus forte raison parce que ce produit est testé pour la première fois et qu'il n'y a pas de recul sur les années précédentes comme pour les autres modalités.

À l'issue des comptages, l'ensemble des modalités, dont le TNT, arrivent en dessous d'un seuil de 5 larves pour 100 feuilles. Par conséquent, les résultats des essais de cette année sont à prendre avec beaucoup de précautions car il est aisé de sur-interpréter certaines variations d'intensité qui ne seraient finalement dues qu'a une variabilité normale compte tenu de la faible population larvaire.

3.4: ANALYSE GRAPHIQUE ET STATISTIQUE DU DISPOSITIF 2

Le dispositif 2 a consisté à tester modalités P.PA et RTbis sur davantage de micro-parcelles. En effet, ces modalités ont été testées depuis 2015 et ont semblé donner des résultats intéressants avec une modalité P.PA montrant la même efficacité que le RT. Cette fois, la modalité P.PA est comparée à un RTbis avec un seul traitement au Pyrévert® pour voir si l'on a bien un effet supplémentaire suite à l'ajout du traitement Prev-Am Plus®.

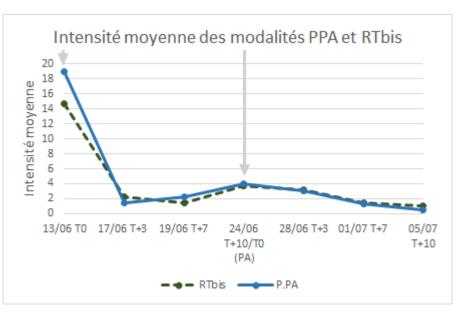


Figure 16 : Intensités moyennes larvaires des modalités P.PA et RTbis pour toutes les dates de comptage

Graphiquement (figure 16), la population larvaire de la modalité P.PA à T0 du traitement Pyrévert® semble légèrement supérieure à celle de la RTbis. On constate ensuite une chute importante de la population larvaire dans les deux modalités suite au traitement au Pyrévert® qui leur permet de passer sous le seuil réglementaire de 3 larves pour 100 feuilles. Par la suite, on a une tendance à une ré-augmentation progressive de la population larvaire jusqu'au 24/06 sans pour autant qu'elle dépasse les 4 larves pour 100 feuilles. Suite au 24/06, date du T0 pour le traitement au Prev-Am Plus®, la population larvaire est de nouveau à la baisse à la fois pour la modalité P.PA et pour la modalité RTbis. On ne peut donc pas imputer cette baisse à l'application de Prev-Am Plus®. Par la suite, la population larvaire ne dépasse plus le seuil réglementaire jusqu'à la fin de l'essai.

Statistiquement, les deux modalités ne sont pas différentes, même à la date du 13/06 ce qui exclut un biais lié à une population initiale plus faible pour l'une des modalités. En revanche, l'efficacité du traitement au Pyrévert® est significative pour les deux modalités. Cependant, ce premier traitement a été si efficace que la population larvaire restante n'est pas suffisante pour permettre de voir une efficacité du traitement au Prev-Am Plus®. La baisse de l'intensité moyenne suite au 24/06 peut s'expliquer par la diminution naturelle de la population larvaire au cours de la saison. On aurait cependant pu s'attendre à un effet du traitement au Prev-Am Plus® d'après les résultats des années précédentes, mais pour confirmer cela, il aurait fallu une population larvaire plus importante. De plus, le traitement du 19/06 ne s'est pas fait dans des conditions idéales du fait de la légère pluie de fin de matinée et les pluies de l'aprèsmidi qui ont pu interférer avec l'effet asséchant Prev-Am Plus®.

4 : Discussion

4.1: COMPARAISON AVEC LES ANNÉES PRÉCÉDENTES

À la différence des années précédentes, les essais de 2019 n'ont pas reposés sur 2 stratégies (avec et sans traitement ovicide préventif), car nous n'avons pas obtenu de différence significative entre ces stratégies les années passées. Nous n'avons donc pas renouvelé ce système visant à doubler chaque modalité, préférant tester davantage de modalités différentes.

Il est à noter que pour toutes les années testées, le comportement des populations larvaires du TNT et du RT est similaire. Chaque année, le TNT reste la modalité avec la population larvaire la plus importante et elle croît jusqu'à un pic avant de décroître progressivement jusqu'à la fin de l'essai. La modalité RT suit également la même évolution chaque année avec un effet significatif des traitements au Pyrévert® sur la population larvaire. Cependant, en fonction des années, le second traitement n'a pas toujours d'effet significatif car le premier suffit parfois à faire passer la population larvaire sous le seuil réglementaire de 3 larves pour 100 feuilles. En effet, l'intensité larvaire varie très fortement d'une année sur l'autre et peut se montrer particulièrement faible certaines années (voir 2016 et 2017). La modalité RT demeure cependant statistiquement différente du TNT.

En 2015 (figure 17), on peut comparer la modalité P.PA (M1) bien que l'application de Prev-Am® ait alors été de 2L/ha alors que nous l'avons testé à 1,8L/ha en 2019. Les autres modalités testées n'étaient pas encore inclues dans l'essai. Cette modalité présentait un effet significatif sur la population larvaire. Statistiquement, la population larvaire obtenue dans cette modalités est différente du TNT mais dans le même groupe que la RT et ce,

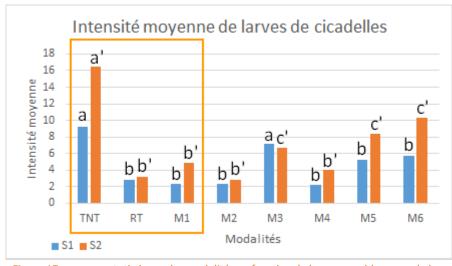


Figure 17 : groupes statistiques des modalités en fonction de leur ressemblance sur la base de leurs intensités moyennes pour l'année 2015

pour les deux stratégies. Cette année-là, on avait pu constater une réelle efficacité du Prev-Am® qui permettait, associé à un seul traitement Pyrévert®, d'obtenir la même efficacité que la référence technique (2 traitements Pyrévert®). Nous espérions observer un effet similaire en 2019, mais le premier traitement au Pyrévert® n'a pas laissé une population larvaire suffisante pour nous permettre de confirmer l'efficacité du traitement au Prev-Am®.

En 2015, plusieurs modalités à l'argile SOKALCIARBO® WP ont également été testées en association avec du Prev-Am® (M3), avec des huiles essentielles (M5) et avec de la macération d'ail (M6), mais leur efficacité ne permettait pas d'avoir des intensités larvaires significativement différentes du TNT et ces modalités peinaient à atteindre le seuil réglementaire. La modalité ArKao réalisée en 2019 permet, avec des traitements à l'argile plus précoces, d'atteindre de meilleurs résultats.

Cette année-là, le Pyrévert® était également associé à de la macération d'ail (M2) et des huiles essentielles (M4), qui montrent de bons résultats tout comme M1, mais ces modalités ne présentent pas d'effet additif au traitement au Pyrévert® seul.

En 2016 (figure 18), on peut comparer la modalité P.PA (M1), bien que l'application du Prev-Am[®] ait alors été de 2L/ha alors que nous l'avons testé à 1,8L/ha cette année, et la modalité Ov.ArKao (M6). La modalité M1 de 2016 présente un profil très similaire à celle de 2015 avec un traitement au Prev-Am® qui permet, associé à un traitement seul Pyrévert®, d'obtenir même la

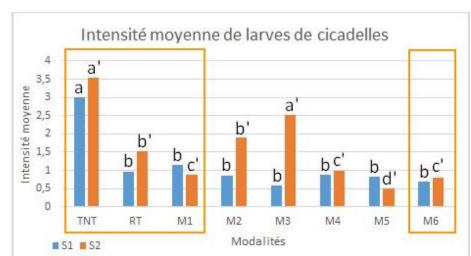


Figure 18 : groupes statistiques des modalités en fonction de leur ressemblance sur la base de leurs intensités moyennes pour l'année 2016

efficacité que la référence technique (2 traitements Pyrévert®).

Cette année-là, on a également un traitement associant de l'Oviphyt® et de l'argile SOKALCIARBO® WP, mais contrairement à 2019 où il s'agit d'un traitement avant éclosion de 10L/ha d'Oviphyt® et 30kg/ha d'argile SOKALCIARBO® WP, il s'agissait d'associer 2L/ha d'Oviphyt® et 20kg/ha d'argile SOKALCIARBO® WP appliqués 4 fois durant l'essai. L'Oviphyt® avait également été associé au Pyrévert® (M4) et au talc (M5). Ces sont les modalités avec Oviphyt® qui ont montré les meilleurs résultats cette année-là pour les 2 stratégies. Les modalités associant le Pyrévert® à de la macération d'ail (M2) et des huiles essentielles (M3), avaient également été renouvelées.

En 2016, toutes les modalités s'étaient montrées efficaces et avaient permis de passer en dessous du seuil réglementaire. Cependant, Il faut prendre ces résultats avec beaucoup de précautions car l'intensité moyenne du TNT sur la durée de l'essai atteignait tout juste 3,5. Les différents traitements n'ont donc pas eu à entrainer une baisse significative pour passer sous le seuil réglementaire. Bien que certains résultats apparaissent significatifs, ils reposent sur un nombre de larves extrêmement réduit qui pourrait n'être que le fruit d'une variabilité normal de l'échantillonnage. Tenter une comparaison avec ces résultats serait donc hasardeux.

En 2017 (figure 19), on peut comparer la modalité P.PA (M1), bien que l'application du Prev-Am® ait alors été de 2L/ha alors que nous l'avons testé à 1,8L/ha cette année, mais aussi les modalités Ov.HyCa (M4), Ov.ArKao (M6).

La modalité M1 semble présenter globalement le même profil que les deux années précédentes, mais la population larvaire se trouve en dessous du seuil réglementaire avant même le premier traitement. Dans ces conditions, il est difficile de conclure à un effet des traitements.

Les modalités M2 et M3 associant respectivement le Pyrévert® à de la macération d'ail huiles et des essentielles, sont maintenues cette année-là, ainsi que les modalités M6 et l'Oviphyt® M5 associant de de respectivement l'argile avec SOKALCIARBO® WP et du talc. A cela s'ajoute une modalité associant de l'Oviphyt® et du BNA Pro® (M4), mais il s'agit de deux traitements combinant

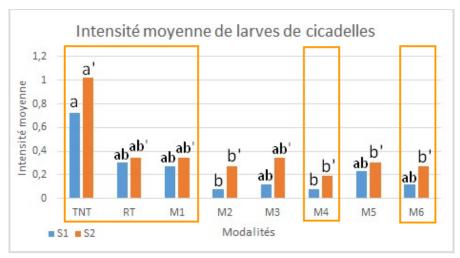


Figure 19 : groupes statistiques des modalités en fonction de leur ressemblance sur la base de leurs intensités moyennes pour l'année 2017

2L/ha d'Oviphyt® et du BNA Pro® à 20% alors que la modalité Ov.HyCa de 2019 consiste en une application précoce de 10L/ha d'Oviphyt® suivie de 2 application de BNA Pro® à 20%.

En 2017, presque toutes les modalités (à l'exception de M2 et M4) sont significativement proches du TNT. Cependant, l'intensité moyenne du TNT dépasse à peine 1, ce qui se trouve en dessous du seuil réglementaire. Bien que certains résultats apparaissent significatifs, ils reposent sur un nombre de larves extrêmement réduit qui pourrait n'être que le fruit d'une variabilité normal de l'échantillonnage. Tenter une comparaison avec ces résultats serait donc hasardeux.

En 2018 (figure 20) on peut comparer la modalité P.PA, bien que l'application du Prev-Am ait alors été de 2L/ha alors que nous l'avons testé à 1,8L/ha cette année, mais aussi les modalités Ov.HyCa, Ov.ArKao et Quassia.

L'intensité moyenne de la modalité P.PA est statistiquement différente du TNT, mais ce n'est pas le cas des modalités Ov.HyCa, Ov.ArKao et Quassia. En 2018,

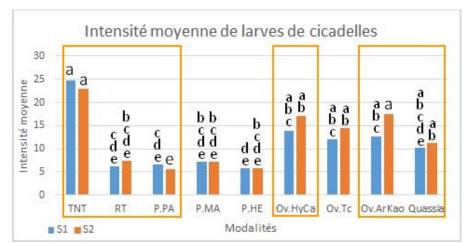


Figure 20 : groupes statistiques des modalités en fonction de leur ressemblance sur la base de leurs intensités moyennes pour l'année 2018

on retrouve une modalité P.PA aussi efficace que le RT, ce qui tend à confirmer les résultats des années précédentes et permettrait de réaliser une économie sur le second traitement Pyrévert®. Dans le cas de la modalité Ov.HyCa, les applications sont les mêmes qu'en 2017 et donc différentes de celles réalisées cette année. La modalité Ov.ArKao est également similaire à celle de 2017 mais sans ajout d'Oviphyt® lors du premier traitement ce qui diffère des applications réalisées cette année. Ces deux modalités ne sont d'ailleurs pas significativement différentes du TNT. Ces applications ayant donné peu de résultats les années précédentes, nous avons testé d'autres dates et doses d'applications en 2019.

La modalité Quassia est testée pour la première fois en 2018, mais ne présente pas une efficacité significative. Elle n'est pas statistiquement différente du TNT. C'est pour cette raison que des applications plus précoces sont testées en 2019 car ce produit aurait, selon la bibliographie, davantage d'effet sur les larves jeunes (L1 et L2).

En 2018, les modalités P.MA (Pyrévert® + macération d'ail) et P.HE (Pyrévert® + huile essentielle) testés depuis le début des essais en 2015 n'ont pas apporté d'efficacité supplémentaire à un traitement Pyrévert® seul. Ces ajouts de traitement ne sont donc pas rentables et n'ont par conséquent pas été renouvelés en 2019.

Enfin, les stratégies ovicides appliquées à toutes les modalités testées depuis 2015 n'ayant pas donné de résultats significatifs depuis le début des essais, elles ont été abandonnées.

4.2: COÛTS DES TRAITEMENTS

Pour les modalités ArKao et Ov.HyCa, on ne remarque pas de différence significative d'efficacité par rapport référence technique. En revanche, il y a une différence de coût des traitements (tableau 2 et 3).

La modalité ArKao (2 traitements argile SOKALCIARBO® WP à 30kg/ha et 1 traitement à 20kg/ha) coûte entre 120 et 128€/ha et présente une efficacité statistiquement proche de la RT. Cette modalité serait donc plutôt favorable

pour le viticulteur car la modalité RT revient à 150€/ha.

La modalité Ov.HyCa (un traitement Oviphyt® précoce à 10L/ha suivit de deux traitements à 20% de BNA Pro®) coûte entre 180 et 420€/ha en fonction du conditionnement. Il faut compter un prix de 0,75€/litre pour un container de 1000L, 1,15€/litre pour un container de 500L et 1,95€/litre pour les sceaux de 25L. Cette modalité est donc moins avantageuse d'un point de vue financier

Tableau 2 : Prix des produits à l'hectare

Produit	Prix	
Pyrévert®	75€/ha	
Prév-Am Plus®	43,2€/ha	
Argile kaolinite calcinée SOKALCIARBO®	30 à 48€/ha	
Oviphyt®	30€/ha	
Hydroxyde de Calcium	75 à 195€/ha	
Quassia	105€/ha	
Huile paraffinique d'été	-	
Insecticide de biocontrôle	210€/ha	

Tableau 3 : Prix des modalités à l'hectare

Modalités	€/ha TTC	
RT	150	
RTbis	75	
PA	129,6-259,2	
PPA	118,2	
ArKao	120-128	
Quassia	210	
Ov.	30	
Ov.ArKao	75-78	
Ov.HyCa	180-420	
Huile paraffinique d'été	-	
Insecticide de biocontrôle	630	

surtout pour les conditionnements les plus faibles.

La modalité P.PA présenterait également un avantage économique si l'on parvient à démontrer qu'un traitement Pyrévert® suivit d'un traitement Prev-Am Plus® équivaut à 2 traitements Pyrévert® en terme d'efficacité. Cela semble être le cas d'après les résultats des essais menés depuis 2015 par AgroBio Périgord. En effet, la modalité P.PA coûte 118,2€/ha contre 150€/ha pour la référence technique étant donné qu'elle permet d'économiser un second traitement Pyrévert®. Il est à noter que depuis 2018, le Prev-Am Plus® est homologué pour les cicadelles en général bien qu'il ne soit pas recommandé par la DGAL dans le cadre de la lutte obligatoire contre S.titanus. Il serait intéressant d'intégrer ce produit dans le cadre du protocole d'aménagement d'utilisation des Pyrèthres naturels.

La modalité PA pourrait potentiellement intéressante d'un point de vue financier si l'efficacité des traitements au Prev-Am Plus® permet de s'en tenir aux trois premiers traitements, ce qui correspond à un coût de 129,6€/ha. Audelà, cette modalité perd son avantage financier pouvant aller jusqu'à 259,2€/ha. De plus, les essais de cette année n'ont pas démontrés un effet suffisant pour remplacer les traitements au Pyrévert®.

La modalité Quassia est testée pour la seconde année, mais plus précocement pour toucher préférentiellement les stades larvaires L1 et L2. Cependant, elle ne montre toujours pas d'efficacité significative. Aujourd'hui ce produit ne présente pas d'homologation au niveau national. Ce produit demande aussi un processus d'extraction complexe ce qui lui donne un coût élevé de 210€/ha pour deux traitements. Il faudrait donc que ce produit ait une efficacité au moins égale à celle du Pyrévert® pour qu'il soit utilisable par les viticulteurs. De plus, les essais de cette année se sont fait sur des fonds de stocks, le fournisseur ayant cessé de produire du Quassia.

La modalité Insecticide de biocontrôle (IB) présente également un coût élevé de 630€/ha, mais pas d'efficacité significative pour les essais de cette année. Il faudra poursuivre les essais sur cette modalité car on ne peut pas se baser sur une unique année de test, mais pour être utilisable par les viticulteurs, ce produit devra, tout comme le Quassia, se montrer à minima aussi efficace que le Pyrévert®.

Les modalités Ov. et Ov.ArKao sont très intéressantes d'un point de vue financier avec un coût respectivement de 30€/ha et de 75 à 78€/ha. Cependant, elles n'ont pas présenté d'efficacité significative cette année qui permettrait d'envisager un remplacement des traitements au Pyrévert®.

En ce qui concerne la modalité Huile Paraffinique d'été (HP), le prix n'a pas encore été fixé et l'on ne peut donc pas encore se prononcer sur l'aspect financier.

3.2: LIMITES DE L'ESSAI

Cet essai présente quelques limites pouvant impacter les résultats obtenus ou la manière dont ces résultats pourraient être mis à profit :

Premièrement, les conditions météorologiques ont un effet non négligeable sur l'efficacité des traitements. Que ce soit par une humidité trop forte qui gênerait l'effet asséchant du Prev-Am Plus® (voir 19/06 et 24/06), par des températures trop élevées ou un ensoleillement trop important pouvant amener de la phytotoxicité ou encore par une forte pluviométrie entrainant le lessivage des produits.

Il y a également la difficulté de dilution de certains produits tels que le Quassia ou l'argile SOKALCIARBO® WP qui sont sous forme de poudre et pour lesquels il faut donc veiller à l'absence de grumeau. Même souci avec le BNA Pro® qui se trouve sous forme de pâte, mais qui reste difficile mélanger à l'eau. La bouillie obtenue n'est alors pas homogène et le BNA Pro® a tendance à précipiter allant parfois jusqu'à colmater partiellement les buses, ce qui gêne la pulvérisation et réduit son efficacité.

Une autre limite est liée au fait que l'on travaille avec des organismes vivants capables de mobilité ou de croissance. Les essais sont réalisés en micro-parcelles de 10 ceps qui ne sont séparées que de 2 ceps tampon. Il est donc possible que des larves puissent se déplacer d'une modalité à l'autre. D'autre part, la vigne va croître tout au long de la saison et on a une augmentation du feuillage au cours de l'essai. Cette augmentation de feuillage va amener un effet de « dilution » de la population larvaire et rendre

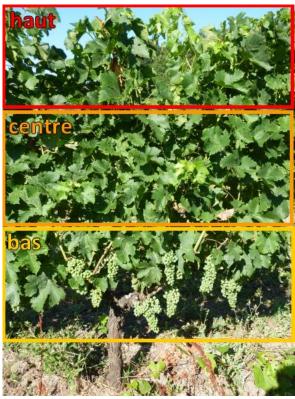


Figure 21 : représentation des différents niveaux de feuillages mentionnés lors du test au papier hydro-sensible

les feuilles se trouvant au centre du feuillage plus difficiles à atteindre lors des traitements.

La qualité de pulvérisation est également un élément important pouvant être à l'origine de biais. En effet, il faut que les produits soient appliqués sous forme de gouttelettes fines avec une densité suffisante, mais pas au point d'entrainer un ruissellement, pour que la pulvérisation soit le plus efficace possible. Des tests au papier hydro-sensible ont été réalisés afin de jauger cette qualité de pulvérisation (voir figures 21 et 22).

Le test au papier hydro-sensible du pulvérisateur à dos utilisé durant l'essai montre une bonne qualité de pulvérisation (ne pas prendre en compte les larges tâches bleues homogènes qui sont dues à une humidité de la feuille ayant rapidement imprégné le papier hydro-sensible). Elle pourrait néanmoins être meilleure pour les faces inférieures des feuilles à l'extérieur du feuillage en position haute et centrale et à l'intérieur du feuillage en position centrale. C'est un constat important pour notre essai puisque c'est sur la face inférieure des feuilles, plus généralement en position basse ou centrale du feuillage que l'on va trouver le plus souvent les larves de S.titanus.

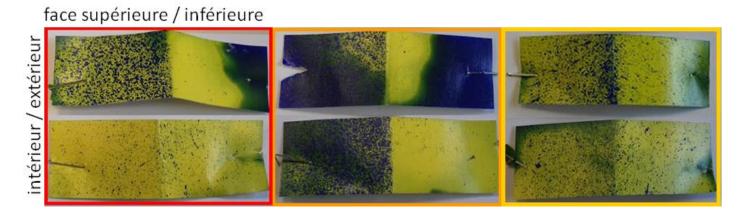


Figure 22 : test au papier hydro-sensible du pulvérisateur à dos utilisé lors de l'essai

Suite à l'essai, en cas de résultats concluants, nous allons rencontrer une nouvelle difficulté concernant l'homologation des produits. Dans le cas d'un produit non encore homologué, la procédure prendra 7 ans alors qu'une demande d'extension d'homologation pour un produit déjà homologué pour un autre usage demandera 2 à 3 ans.

3.3: PERSPECTIVES DE L'ESSAI

En premier lieu, il serait intéressant de conserver à l'avenir deux modalités de référence, l'une avec 1 traitement Pyrévert® et l'autre avec 2 traitements Pyrévert®. En effet, dans l'optique où des modalités associant un premier traitement Pyrévert® à un autre produit seraient testées, comme c'est le cas pour la modalité P.PA, ces deux références techniques permettraient de départager l'effet dû au premier traitement de celui dû au second. En effet, si l'on constate que les deux références techniques aboutissent au même résultat, ce sera la preuve que le premier traitement Pyrévert® était le seul à avoir un effet visible. Par conséquent, dans ce cas de figure, l'efficacité de tout traitement testé en remplacement du second traitement Pyrévert® ne pourra pas être jugée.

Dans les essais de 2019, la modalité ArKao est celle qui a démontré le plus d'avantages à la fois d'un point de vue efficacité et financier. Il est donc indispensable de la conserver dans les prochains essais, à la fois pour valider son efficacité et pour l'optimiser. Cette modalité à également l'avantage de reposer sur un produit insectifuge plutôt qu'insecticide et, par conséquent, de poser moins de problème du point de vue des auxiliaires. Les traitements à l'argile SOKALCIARBO® WP sont donc des traitements plus en accord avec les valeurs de l'AB que des insecticides comme le Pyrévert®.

Pour l'essai 2019, ce sont les deux premières applications d'argile SOKALCIARBO® WP qui présentent le plus d'intérêt car elles permettent de limiter de façon significative le pic de population larvaire en début de saison. La question demeure cependant de savoir si cette diminution du pic de population larvaire est due à un effet combiné des deux premiers traitements à 30kg/ha d'argile SOKALCIARBO® WP du 18 avril et du 22 mai ou si l'un des deux aurait suffi à produire cet effet. Et dans le cas où l'un des deux aurait suffi, il faudrait déterminer lequel. On peut également envisager que deux traitements à 20kg/ha d'argile SOKALCIARBO® WP auraient pu suffire à limiter le pic de population larvaire. Bien que nous n'ayons pas constaté d'encrassement de la buse du pulvérisateur à dos lors des traitements à 30kg/ha d'argile SOKALCIARBO® WP, bon nombre de viticulteurs préféreraient s'en tenir à une dose maximum de 20kg/ha.

L'effet de la modalité ArKao devient un peu moins significatif par la suite, mais l'on peut peut-être attribuer cela à l'intervalle de temps entre la seconde application d'argile (22 mai) et la dernière (13 juin). Peut-être faudrait-il envisager de remplacer le dernier traitement à 20kg/ha d'argile SOKALCIARBO® WP par deux traitements plus rapprochés. Cependant, la réglementation impose une limite de 80kg/ha sur l'année. Dans le cas où deux premiers traitements à 20kg/ha d'argile SOKALCIARBO® WP donneraient les mêmes résultats que deux traitements à 30kg/ha, on pourrait envisager 4 traitements à 20kg/ha en conservant un premier traitement au stade 4-5 feuilles et un second dès les premières larves. Les deux derniers traitements seraient à positionner en fonction de la vitesse à laquelle l'argile serait lessivée afin de garder une barrière physique efficace tout au long de l'essai. Il est également

envisageable que les deux derniers traitements soient à dose moindre dans le cas où l'on conserverait deux premiers traitements à 30kg/ha.

Enfin, une possibilité à tester serait de coupler un traitement précoce à l'argile SOKALCIARBO® WP avec un unique traitement au Pyrévert® pour remplacer 2 traitements Pyrévert®. En effet, si le traitement précoce à l'argile permet de limiter le pic larvaire du début de saison, il permettrait ensuite au traitement Pyrévert® d'agir sur une population larvaire déjà affaiblie. Cela permettrait peut-être de n'appliquer qu'un seul traitement Pyrévert® et d'obtenir une population larvaire en-dessous du seuil fixé par les FREDON et la DGAL (seuil de 3 larves sur 100 feuilles). À noter cependant qu'il faudrait alors privilégier un unique traitement argile précoce pour conserver l'avantage financier.

Les essais de la modalité P.PA doivent également être maintenus car c'est la modalité qui s'était montré la plus intéressante jusqu'à présent et ce, depuis les premiers essais de 2015. Le problème étant que pour avoir des résultats concluants, il faut pouvoir compter sur une population larvaire suffisante, sans quoi le premier traitement au Pyrévert® sera le seul à avoir un effet significatif. C'est ce qui s'est produit cette année. Cependant, ce n'est pas parce que la population larvaire était trop faible pour constater l'effet du traitement au Prev-Am Plus® que celui-ci n'a aucun effet et les essais des années précédentes tendant à prouver le contraire.

On peut également envisager une modalité « fenêtre » qui ne bénéficierait que du traitement Prev-Am de manière à visualiser l'effet de ce traitement sans avoir préalablement trop affaiblie la pression en cicadelles.

La modalité PA est également à poursuivre bien qu'elle n'ait pas donné de résultats significatifs cette année car c'est la première année qu'elle est en test. Dans l'idéal, il faudrait pouvoir tester des applications de Prev-Am Plus® à 3 jours d'intervalle puisque c'est ainsi qu'il est le plus efficace selon la bibliographie, mais la réglementation nous oblige à un intervalle de 7 jours entre chaque traitement.

La difficulté des modalités avec des traitements au Prev-Am Plus® tient au fait qu'une météo humide peut interférer avec leur action asséchante. Il est donc parfois difficile d'obtenir les résultats souhaités. Dans le cas de la modalité PA, il faudrait parvenir à conserver une régularité entre les traitements pour espérer voir un effet significatif sur la population larvaire.

Dans le cas des modalités avec une application précoce d'Oviphyt® à 10L/ha, il aurait fallu effectuer des comptages de ces modalités sur la période du pic de population larvaire, malgré l'absence de traitement supplémentaire, car il est possible que ce traitement ait limité le pic de population larvaire, mais que cet effet se soit ensuite atténué de la même manière que l'argile SOKALCIARBO® WP. Les derniers comptages n'auraient alors rien donné de significatif malgré un effet du traitement ovicide.

Dans tous les cas, les modalités Ov. et Ov.ArKao ne parviennent pas à limiter suffisamment la population larvaire, il n'est donc pas nécessaire de les conserver dans les prochains essai. On peut néanmoins conserver la modalité Ov.HyCa qui présente une efficacité proche de la référence technique. D'une part pour confirmer son efficacité, mais également pour visualiser l'effet du traitement Oviphyt® sur le pic de population larvaire grâce à des comptages dès le début de l'essai, avant même les traitements au BNA Pro®. À noter cependant que le coût de cette modalité n'est pas avantageux et que la pulvérisation de l'HyCa peut poser quelques problèmes car le produit précipite rapidement dans

la cuve et à tendance à boucher plus ou moins partiellement la buse, entrainant une pulvérisation non homogène et irrégulière.

Concernant la modalité Quassia, il est préférable de mettre fin aux essais. D'une part car nous n'avons pas obtenu de résultats significatifs lors des deux années où il a été testé et d'autre part parce que le fournisseur de ce produit ne le fait plus. En plus de l'aspect de l'efficacité et du coût, il faut prendre en compte la disponibilité et aucun de ces aspects n'est favorable à ce produit dans le cadre de la lutte contre *S.titanus*.

Les modalités Huile paraffinique d'été (HP) et Insecticide de Biocontrôle (IB) sont également à renouveler. Bien que l'aspect financier ne soit pas en faveur de la modalité IB, c'est la première fois que ces produits sont testés et cela ne suffit pas à se faire une opinion de leur efficacité dans le cadre de la lutte contre *S.titanus*.

Il faut cependant prendre en compte le fait que ces deux produits ont donné lieu à de la phytotoxicité au cours de l'essai. Dans le cas de la modalité IB, cette phytotoxicité est apparue après le troisième traitement soit le 3 juin. Dans celui de la modalité HP, elle est apparue dès le premier traitement, sachant que celui-ci a lieu plus tard dans la saison que les traitements de la modalité IB, soit le 28 juin. Dans les deux cas, il s'est agi d'une phytotoxicité mineure touchant moins de 10% des feuilles et sans incidence pour les grappes. De plus elle n'a été constatée que sur le côté du rang en exposition sud-ouest et pas du tout en exposition nord-est. On peut envisager de jouer sur les dates de traitement, les doses de produits ainsi que le volume de bouillie pour limiter cette phytotoxicité, ainsi que le coût dans le cas de la modalité IB. En ce qui concerne la modalité HP, il faudra envisager de la réaliser plus précocement dès l'apparition des premières larves pour voir si l'on a un effet plus marqué sur la population larvaire. Cela pourrait également régler le problème de phytotoxicité constaté cette année car les températures seront moins élevées lors du traitement et immédiatement après du fait qu'ils auraient lieu plus tôt dans la saison.

Dans le cas de la modalité HP, une autre difficulté consiste à réaliser ces traitements à 5 jours d'intervalle de tout traitement cuivre et soufre. C'est d'ailleurs ce qui a retardé la première application lors de l'essai 2019 et nous a amené à renoncer à la seconde application car, la population larvaire étant passé en dessous du seuil réglementaire de 3 larves pour 100 feuilles, les effets de ce traitement n'auraient pas été visible. Sans compter qu'un risque de phytotoxicité supplémentaire demeurait. Lors des essais de l'an prochain il faudra parvenir à faire ces applications un peu plus tôt, à la fois pour en voir les effets et pour voir si cela à un effet sur la phytotoxicité constatée.

Malgré une baisse de la population larvaire sur la parcelle d'essai en 2019 par rapport aux essais de 2018, il n'est pas nécessaire de changer de parcelle pour l'an prochain. Premièrement car il sera très difficile de trouver une parcelle avec une population de *S. titanus* qui soit hors zone de P.L.O, mais aussi parce que cette baisse de population larvaire semble généralisée et n'est donc pas spécifique à la parcelle d'essai.

À terme et une fois l'efficacité de certaines modalités établies, il serait intéressant de réaliser des tests complémentaires sur d'autres cépages car les tests ont été réalisés sur Merlot depuis 2015.

Il serait également intéressant d'installer un pluviomètre dans la parcelle d'essai de manière à pouvoir mieux anticiper le lessivage des traitements tels que l'argile SOKALCIARBO® WP ou l'HyCa. Cela permettrait également de déterminer le moment le plus judicieux pour un nouveau traitement.

Conclusion

Le but de cet essai est de trouver un moyen de lutte alternatif aux Pyrèthres naturels ou augmenter leur efficience dans le cadre de la lutte contre *S.titanus* (cicadelle vectrice de la flavescence dorée). Dans le cadre de l'essai, différentes substances qui présentent des propriétés ayant un intérêt dans la lutte contre la cicadelle ont été testées. L'objectif était de trouver un moyen de lutte moins couteux que le Pyrévert® pour une efficacité au moins équivalente, mais qui soit aussi plus respectueux de la faune auxiliaire.

Les comptages de cette année sont suffisants pour obtenir quelques résultats statistiquement significatifs et sont cohérents en termes de proportion des stades larvaires aux différentes dates de comptage avec ce que l'on connait du cycle de vie de *S.titanus* (figure 23).

Cette année, les résultats permettent d'observer deux groupes nettement différenciés : un groupe statistiquement proche de la référence technique comprenant les modalités

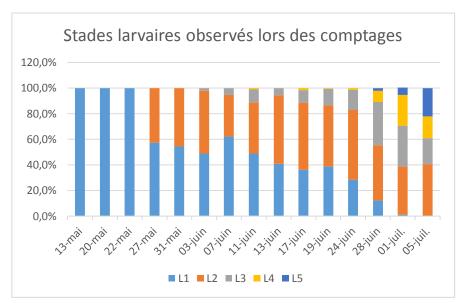


Figure 23 : représentation des proportions des différents stades larvaires pour chacun des comptages de l'essai

ArKao et Ov.HyCa et un groupe statistiquement proche du TNT regroupant les autres modalités testées. La modalité P.PA s'est également montrée efficace, bien que le second traitement n'ait pas d'effet significatif faute d'une population larvaire suffisante.

La modalité la plus prometteuse cette année d'un point de vue de l'efficacité et du coût est la modalité ArKao. Il est nécessaire de continuer à la tester et à en tester des variantes pour aboutir à la combinaison la plus efficace. Une modalité associant un traitement à l'argile SOKALCIARBO® WP couplé à un unique traitement Pyrévert® est envisageable et demeure moins couteuse que deux traitements Pyrévert®. De plus les traitements à l'argile ont aussi un effet protecteur contre les coups de soleil, les cicadelles vertes et les vers de la grappe. C'est donc un produit d'autant plus avantageux que ses effets ne se limiteraient pas à la lutte contre *S. titanus*. Cela pourrait aboutir à une réduction de la variété de traitements appliqués à la vigne en plus de permettre au viticulteur de faire moins de passage pour les traitements.

Au vu des résultats obtenus cette année et les années précédentes, les modalités Quassia, Ov. et Ov.ArKao peuvent être supprimées ou remplacées. Dans le cas du Quassia pour des raisons de coût et d'approvisionnement. Dans le cas des modalités Ov. et Ov.Arkao en raison d'un effet insuffisant et parce que nous conserverons la modalité Ov.HyCa qui permettra tout de même de tester l'efficacité du traitement Oviphyt® précoce.

La modalité Ov.HyCa ayant montré une efficacité significative, il serait intéressant de la conserver, quitte à envisager une diminution des doses d'HyCa pour diminuer le coût, car elle permettrait également d'évaluer l'intérêt du traitement ovicide de 10L/ha d'Oviphyt®.

Les modalités PA, HP et IB devraient également être poursuivies dans un premier temps afin de confirmer ou infirmer les résultats de 2019 puisqu'elles sont testées pour la première fois. Concernant ces modalités, des modifications seront à envisager en ce qui concerne les dates de traitement, les doses de produit et les volumes de bouillie.

Enfin, la modalité P.PA pourrait-être intégrée dans le protocole d'aménagement de lutte proposé par AgroBio Périgord afin de tester cette modalité en grande parcelle et avec plus de répétitions. Cette modalité répond aux objectifs de l'essai avec un coût inférieur au traitement actuel et un impact moindre sur les auxiliaires. De plus, le Prev-Am Plus® est homologué depuis 2018 pour lutter contre les cicadelles de la vigne.

Le traitement Pyrévert® reste le plus onéreux en viticulture. On note que l'argile SOKALCIARBO® WP et l'HyCa sont aujourd'hui homologués pour d'autres cultures ou d'autres ravageurs que la cicadelle *S.titanus*. Si ces produits présentent une efficacité en le couplant, ou non, avec du Pyrévert®, il faudrait faire une demande d'extension d'homologation, processus qui demande moins de temps (entre 1 à 2 ans) qu'une première homologation (7 ans).

Remerciements

Mr. Julien ROUX – Domaine de la Mique – pour avoir mis à disposition l'une de ses parcelle pour l'essai

Mme. Fanny MONBOUCHE – pour nous avoir permis d'entreposer le matériel dans son chai

Mr. PATRICK COUTANCEAU – SOCIETE CCL - Mr. Yannick FONSEGRIVES et Bruno CRESPY – SOCIETE LHOIST – Mr.

Emmanuel CALLI - SOCIETE AGRISYNERGIE – Mr. Romain DANDOIS – SOCIETE NUFARM – Mme. Késia BOULY
SOCIETE KOPPERT – Mr. François MAIREL – Mr. Guillaume SIMON – SOCIETE ANDERMATT – pour nous avoir fourni les

différents produits testés











