

LUTTE CONTRE LE MILDIOU DE LA VIGNE : EVALUATION DE PRODUITS ALTERNATIFS AU CUIVRE DANS LE CADRE DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Marc Chovelon, Jérôme Lambion, Caroline Cordier (stagiaire)

1. OBJECTIF

L'essai mildiou répond à un double objectif : comparer l'efficacité de divers Stimulateurs de Défense Naturelle (SDN) et trouver la date optimale d'application du SDN. Il y a donc deux essais réalisés : un essai "produit" et un essai "date".

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Matériel végétal utilisé

L'essai est réalisé sur des plants de vigne en pots appartenant au Grab et ayant déjà été utilisés pour des expériences antérieures. Le cépage est Alphonse Lavallée, sensible au mildiou. Les plants utilisés ont été préalablement taillés, désherbés manuellement puis tuteurés. La fertilisation des pots est assurée par adjonction de guano.

2.2. Récupération de l'inoculum

L'inoculum provient de feuilles présentant des taches sporulantes récoltées sur une parcelle commerciale. Les feuilles sont ramassées deux jours avant l'inoculation et placées dans une chambre thermostatée à 25°C. Les taches sporulantes sont délicatement brossées sur la face inférieure à l'aide d'un pinceau imprégné d'eau. On estime la quantité de spores recueillies dans l'eau grâce à l'Hématimètre (lame de Malassez). La concentration de la solution est de $1,8 \cdot 10^4$ spores/ml. On vaporise environ 3mL par plant de vigne à l'aide d'un vaporisateur manuel en début de soirée. Immédiatement après l'inoculation, le système de brumisation est déclenché sous l'ombrière pour assurer le développement de la maladie, en assurant un lessivage limité.

3. REALISATION DE L'EXPERIENCE

3.1. Essai produit

Le cuivre 600g/ha est appelé cuivre « forte dose » par rapport au cuivre à 50g/ha (faible dose), il reste tout de même plus faible que dans la pratique.

L'essai produit étudie l'efficacité des éliciteurs et les compare entre eux. 9 modalités sont testées :

Modalités	Dose du produit	Dose de produit apporté par modalité/L
Témoin	Non traité	Non traité
Cuivre 600 g	1600 g/ha (600 g de cuivre métal)	1,6 g
Cuivre 50 g	133,3 g/ha (50 g de cuivre métal)	0,133 g
Chitoplant	0,5% (5 kg/1000L pour 1 ha)	5 g
Chitoplant + cuivre 50 g	0,5% + 50 g/ha	5 g + 0,133 g
Timorex	0,5 (5 L/1000 L pour 1 ha)	5 ml
Timorex + cuivre 50 g	0,5% + 50g/ha	5 ml + 0,133 g
Prevam	0,8% (8 L/1000 L pour 1 ha)	8 ml
Prevam + cuivre 50 g	0,8% + 50 g/ha	8 ml + 0,133 g

3.1.1. Dispositif expérimental

Cette expérience est mise en place sous ombrière selon un dispositif en blocs de Fischer à 6 répétitions (dispositif généré par le logiciel StatboxPro®). Une unité expérimentale est constituée de 2 plants de vigne.

3.1.2. Déroulement de l'expérience

Les traitements sont effectués le même jour : les plants sont traités un à un jusqu'au point de ruissellement à l'aide d'un vaporisateur manuel (1L). 4 jours après les traitements, on inocule le mildiou sur les plants de vignes. Immédiatement après l'inoculation, le système de brumisation est déclenché pour assurer le développement de la maladie (réglé pour une brumisation de 5 mn toutes les 45 mn).

Ces premières applications ont été réalisées le 9 juin et l'inoculation a eu lieu le 13 juin.

3.2. Essai date d'application

L'essai date d'application détermine si il y a une influence de la date d'application par rapport à l'inoculation afin de déduire une date d'application optimale.

3.2.1. Modalités de l'essai

Les traitements sont réalisés à J-8 ou à J-4 ou à J-8 et J-4 jours avant l'inoculation le 13 juin (J-0). Ils ont débuté le jeudi 05 juin (J-8) et lundi 09 juin (J-4).

Produits	Modalités
Non traité	Témoin
Champ DP	Cuivre 600g
Chitoplant	J-8
	J-4
	J-8 + J-4
Timorex	J-8
	J-4
	J-8 + J-4
Prevam	J-8
	J-4
	J-8 + J-4

3.2.2. Dispositif expérimental

Le dispositif est en blocs avec 6 répétitions et 11 modalités. L'unité expérimentale est constituée de 2 plants de vigne. Le témoin non traité et la référence cuivre sont communs aux deux essais.

3.2.3. Déroulement de l'expérience

Les traitements sont effectués de la même manière que pour l'essai produit. Le système de brumisation a été déclenché immédiatement après l'inoculation pour assurer le développement de la maladie (réglage identique : 5 mn /45 mn).

4. OBSERVATIONS ET TRAITEMENT DES DONNEES

4.1. Observations et notations

Les observations débutent dès la sortie des tâches sur les témoins (non traités).

On observe 10 jeunes feuilles et 10 vieilles feuilles par unité expérimentale (5 jeunes feuilles et 5 vieilles feuilles par pot). Après le traitement, un ruban de couleur est posé à l'extrémité des rameaux; les feuilles apparues au-delà du ruban sont considérées comme "jeunes feuilles".

Les observations ont débuté le 18 juin à la sortie des premières tâches et sont réalisées tous les 2 ou 3 jours.

4.2. Traitement des données

4.2.1. Intensité d'attaque

C'est le pourcentage de surface moyenne contaminée. Pour chaque feuille observée, on estime la surface de la feuille attaquée par rapport à la surface totale de la feuille.

Ensuite, une courbe d'intensité d'attaque en fonction du temps est tracée et l'AUDPC (Area Under Disease Progression Curve), soit l'aire située sous la courbe d'intensité d'attaque du mildiou, est calculée pour chaque modalité. Ainsi, plus l'aire est grande, plus l'attaque est importante et donc moins le produit testé est efficace.

4.2.2. Fréquence d'attaque

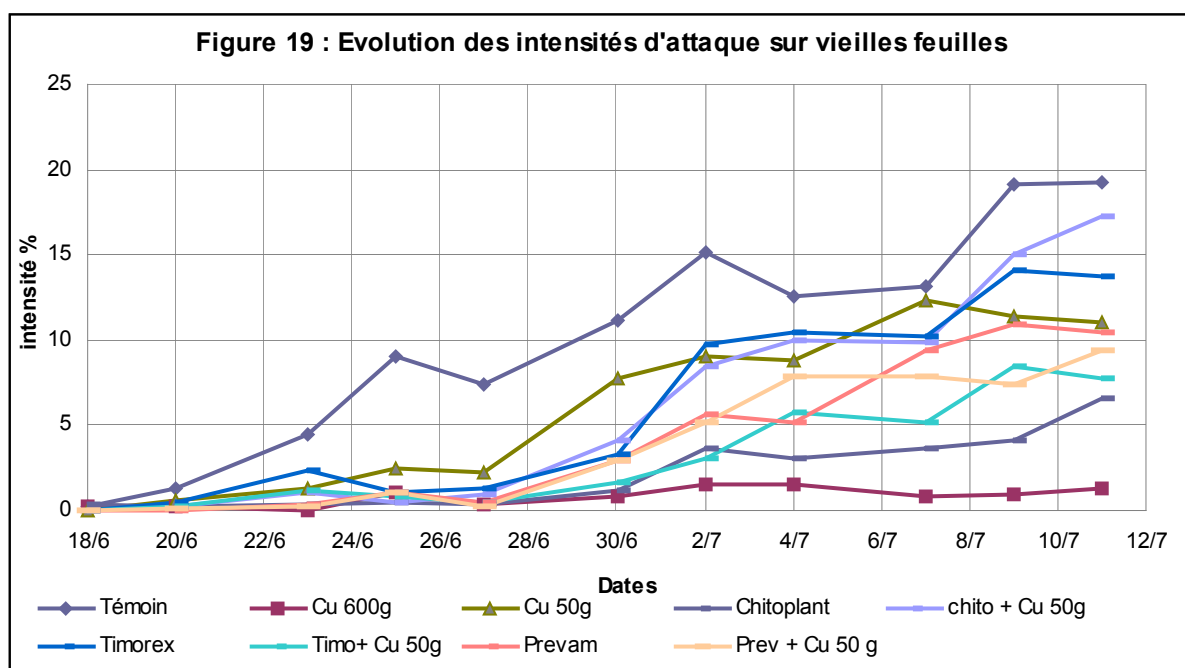
C'est le pourcentage de feuilles contaminées. Elle est calculée à partir des notations faites pour l'intensité d'attaque. C'est le rapport entre le nombre de feuilles contaminées et le nombre total de feuilles observées.

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Les analyses statistiques réalisées sous StatBoxPro sont des tests de Newman-Keuls au seuil de 5%. Afin de ne pas alourdir le compte-rendu, les résultats concernant les fréquences d'attaque ne sont pas présentés. Les conclusions basées sur les fréquences ne sont en effet pas différentes de celles observées sur les fréquences.

5.1. Essai produit

5.1.1. Résultats sur vieilles feuilles



	18-juin	20-juin	23-juin	25-juin	27-juin	30-juin	02-juil	04-juil	07-juil	09-juil	11-juil
TNT	0	1	4 A	9 A	7 A	11 A	15 A	13 A	13 A	19 A	19 A
Timorex	0	1	2 B	1,1 B	1 B	3 B	10 AB	10 AB	10 AB	14 AB	14 AB
Chito+Cu	0	0	1 B	0,5 B	1 B	4 B	9 AB	10 AB	9 AB	15 AB	17 AB
Cu 50g	0	1	1 B	2,5 B	2 B	8 B	9 AB	9 AB	12 A	11 AB	11 AB
Timo+Cu	0	0	1 B	0,8 B	0 B	2 B	3 B	6 AB	5 AB	9 AB	7,7 BC
Prevam	0	0	0 B	1 B	1 B	3 B	6 B	5 AB	9 AB	11 AB	10,7 AB
Prev+Cu	0	0	0 B	1 B	0 B	3 B	5 B	8 AB	8 AB	7 BC	9,4 AB
Chito	0	0	0 B	0,5 B	0 B	1 B	4 B	3 BC	4 AB	4 BC	6,5 BC
Cu 600g	0	0	0 B	1,1 B	0 B	1 B	2 B	2 C	1 B	1 C	1,3 C

Récapitulatif des intensités moyennes d'attaque et des groupes homogènes

Tout au long de l'expérimentation, le Témoin présente des intensités d'attaque les plus élevées, avec des intensités maximales atteignant 19 % lors des deux dernières notations. Dès le 23 juin, ses intensités sont statistiquement différentes de celles des autres modalités.

Jusqu'à la dernière notation, le Cuivre forte dose montre des intensités inférieures à 2%. Du début à la fin de l'essai, ses intensités sont significativement différentes de celles du Témoin.

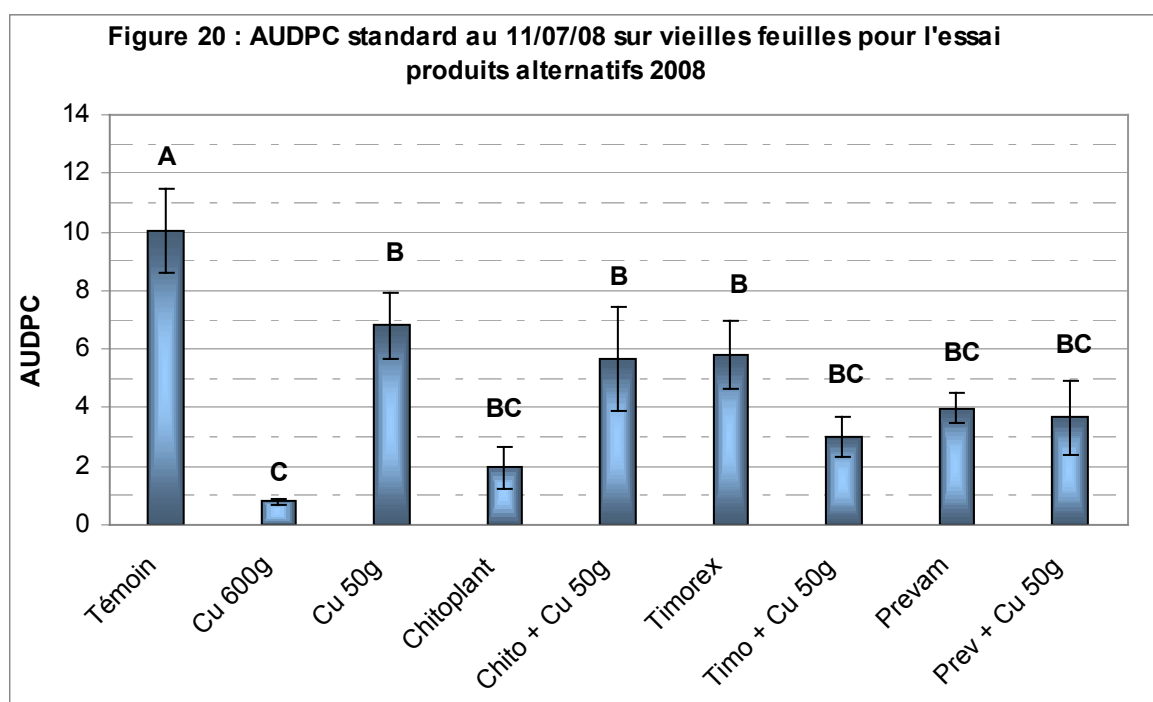
Dès le 20 juin, le Cuivre faible dose présente des intensités d'attaque plus fortes que celles du cuivre forte dose. Dès le 30 juin, les intensités du Cuivre faible dose ne sont plus statistiquement différentes de celles du Témoin.

Les produits alternatifs ont des intensités d'attaque comprises entre celles des modalités Témoin et Cuivre forte dose.

Jusqu'au 30 juin, l'ensemble des produits alternatifs montre des intensités d'attaque comprises entre 0 et 4 %, statistiquement égales au cuivre forte dose. A partir du 2 juillet, certaines modalités décrochent pour se rapprocher du témoin : les intensités du Timorex, du Prévam, du Chitoplant deviennent non statistiquement différentes du témoin les 2, 4 et 7 juillet, respectivement.

La rémanence des produits est donc d'environ 3 semaines.

AUDPC standards



L'AUDPC (Area Under Disease Progression Curve) est déterminée à partir des intensités d'attaque. C'est une valeur synthétique représentative du niveau d'attaque sur l'ensemble de l'épidémie.

Les modalités Témoin, Cuivre forte dose et faible dose présentent des AUDPC significativement différentes. La modalité Témoin est représentée par l'AUDPC la plus élevée. La modalité Cuivre forte dose présente une AUDPC 9 fois inférieure à celle du Témoin ; sa valeur d'AUDPC est la plus faible. La modalité Cuivre faible dose a une AUDPC intermédiaire, sept fois supérieure à celle du Cuivre forte dose et inférieure à celle du Témoin.

Les produits alternatifs ont des AUDPC toutes statistiquement différentes du Témoin mais statistiquement égales entre elles. On peut observer quelques tendances :

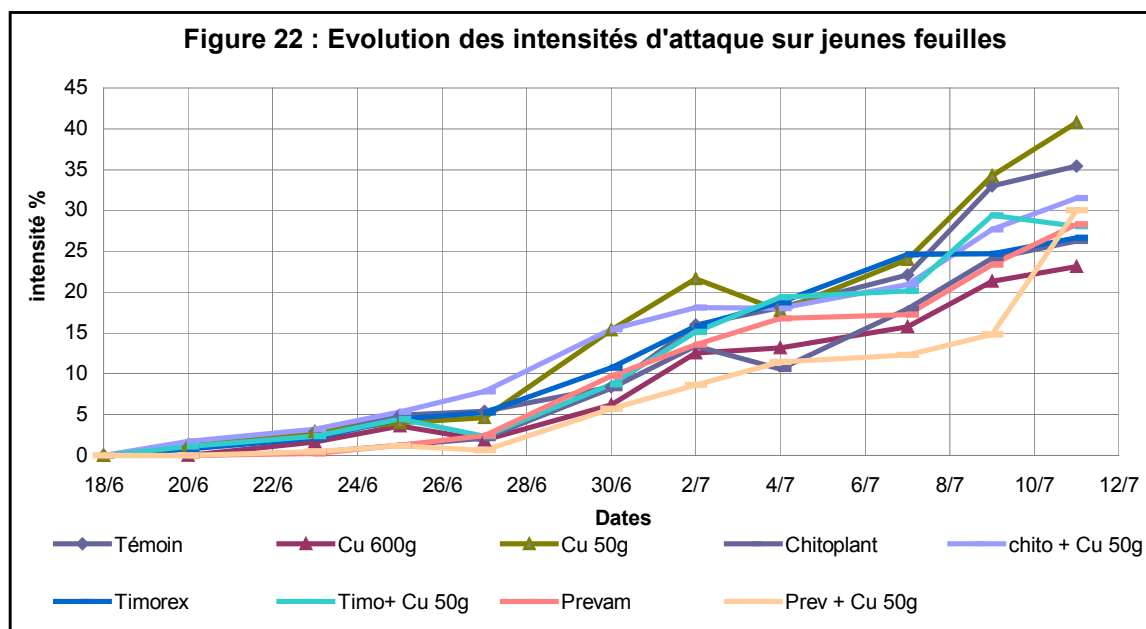
Les modalités Chitoplant, Prévam, Prévam + cuivre et Timorex + cuivre ont des AUDPC statistiquement égales au cuivre forte dose. On peut remarquer que la modalité Chitoplant présente une AUDPC seulement deux fois supérieure au Cuivre forte dose.

Les modalités Timorex et Chitoplant + cuivre ont des AUDPC statistiquement égales à celle du cuivre faible dose et statistiquement différentes de celle du cuivre forte dose et du Témoin.

5.1.2. Résultats sur jeunes feuilles

Les tests de Newman-Keuls sur les intensités, les fréquences d'attaque et les AUDPC, ne donnent aucune différence significative. On ne peut donc rien affirmer d'un point de vue statistique mais on peut tout de même faire quelques observations.

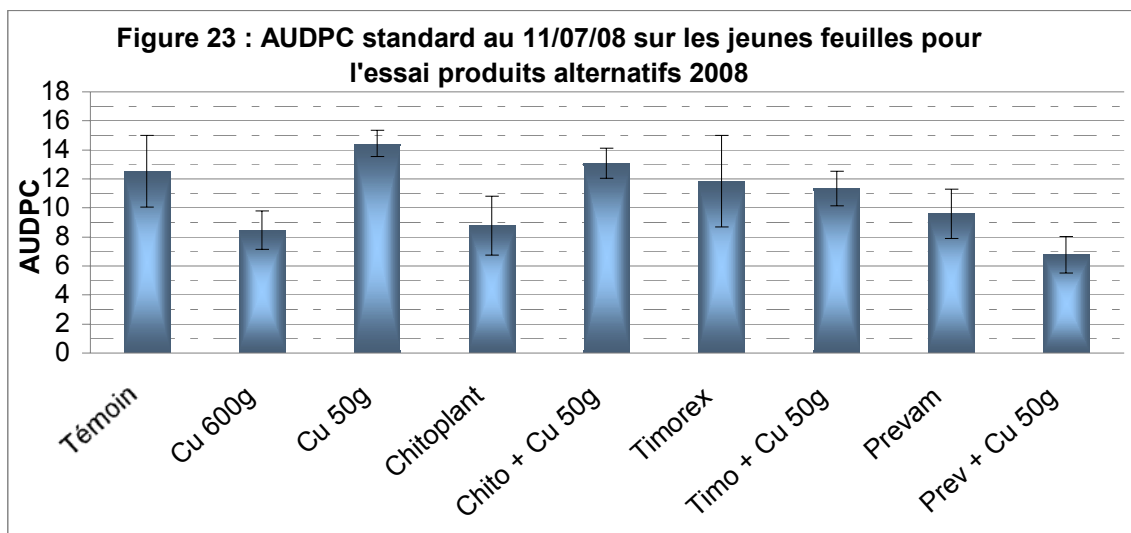
Evolution des intensités d'attaque



Le Témoin atteint 35 % d'intensités d'attaque en fin d'essai ce qui est environ 2 fois plus élevé que pour les intensités d'attaque relevées sur vieilles feuilles. En effet, les jeunes feuilles apparues après le traitement ne sont pas protégées directement contre le mildiou notamment en cas d'absence d'effet systémique des produits testés.

La modalité Prévam + cuivre présente des intensités d'attaque les plus faibles jusqu'au 9 juillet.

AUDPC standards



Les modalités Cuivre forte dose, Chitoplant et Prévam + cuivre présentent les AUDPC les plus faibles par rapport aux autres modalités.

Les modalités Cuivre faible dose et Chitoplant + cuivre ont des AUDPC supérieures à celle du Témoin et les autres modalités présentent des AUDPC intermédiaires entre les modalités Témoin et Cuivre forte dose.

5.2. Essai date d'application

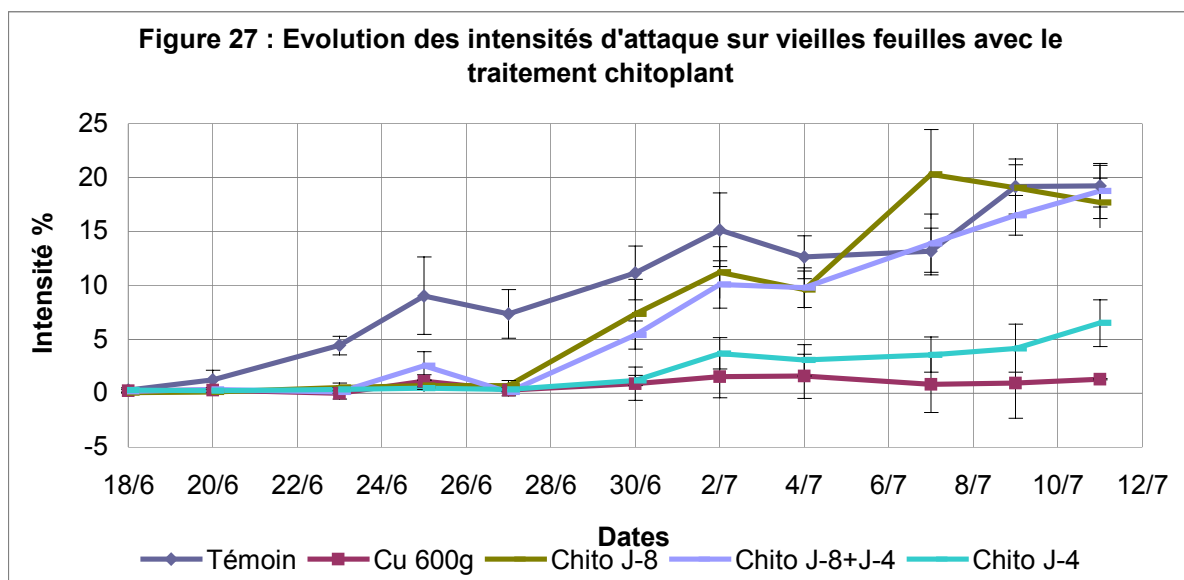
5.2.1. Résultats sur vieilles feuilles

Tout au long de l'expérimentation, le Témoin présente des intensités d'attaque les plus élevées, avec des intensités maximales atteignant 19 % aux deux dernières observations. Dès le 23 juin, ses intensités d'attaque sont statistiquement différentes de celles des autres modalités.

Jusqu'à la dernière notation le Cuivre forte dose montre des intensités d'attaque de 0 à 1,6%, significativement différentes de celles du Témoin.

Du 23 juin au 30 juin, les stratégies de traitement avec les produits alternatifs ont tendance à avoir des intensités d'attaque proches de celles du cuivre. A partir du 30 juin, certaines stratégies de traitement commencent à présenter des intensités d'attaque statistiquement égales au Témoin et à partir du 4 juillet des intensités supérieures au Témoin.

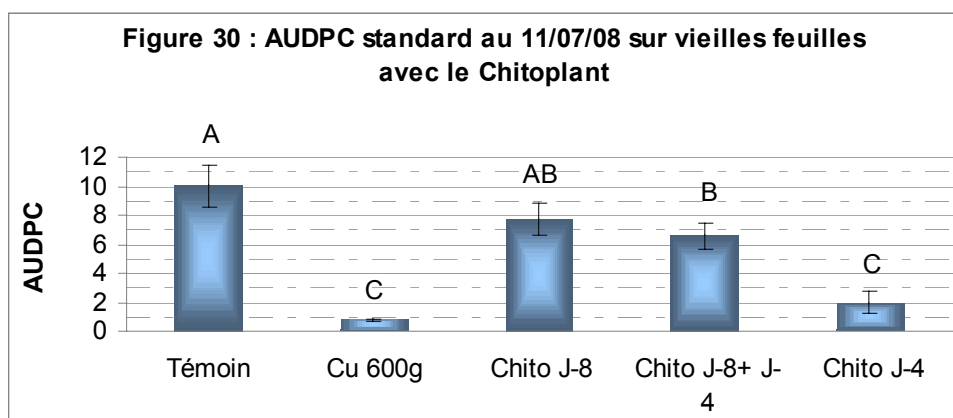
• Résultat pour le Chitoplant



	18-juin	20-juin	23-juin	25-juin	27-juin	30-juin	02-juil	04-juil	07-juil	09-juil	11-juil
TNT	0,3	1,2	4,4 A	9 A	7,3 A	11 A	15 A	13 A	13 A	19 A	19 A
Chito J-8	0	0,1	0,5 B	0,7 B	0,7 B	7,3 AB	11 A	9,6 A	20 A	20 A	18 A
Chito J-8+J-4	0,2 NS	0,3 NS	0,1 B	2,5 B	0,1 B	5,4 AB	10 A	9,8 A	14 A	16 A	19 A
Chito J-4	0,3	0,2	0,4 B	0,5 B	0,3 B	1,2 B	3,7 B	3 B	3,6 B	4,2 B	7 B
Cu 600g	0,2	0,3	0 B	1,1 B	0,3 B	0,9 B	1,5 B	1,6 B	0,8 B	0,9 B	1 B

Récapitulatif des intensités moyennes d'attaque et des groupes homogènes des modalités de l'essai dates d'application 2008 avec le Chitoplant

Jusqu'au 27 juin, toutes les stratégies de traitements ont des intensités d'attaque statistiquement identiques au cuivre forte dose. A partir du 2 juillet, le traitement J-8 et le traitement J-8+J-4 ont des intensités d'attaque statistiquement équivalentes au témoin tandis que le traitement J-4 présente des intensités d'attaque statistiquement égales à celles du cuivre forte dose et différentes de celles du Témoin.



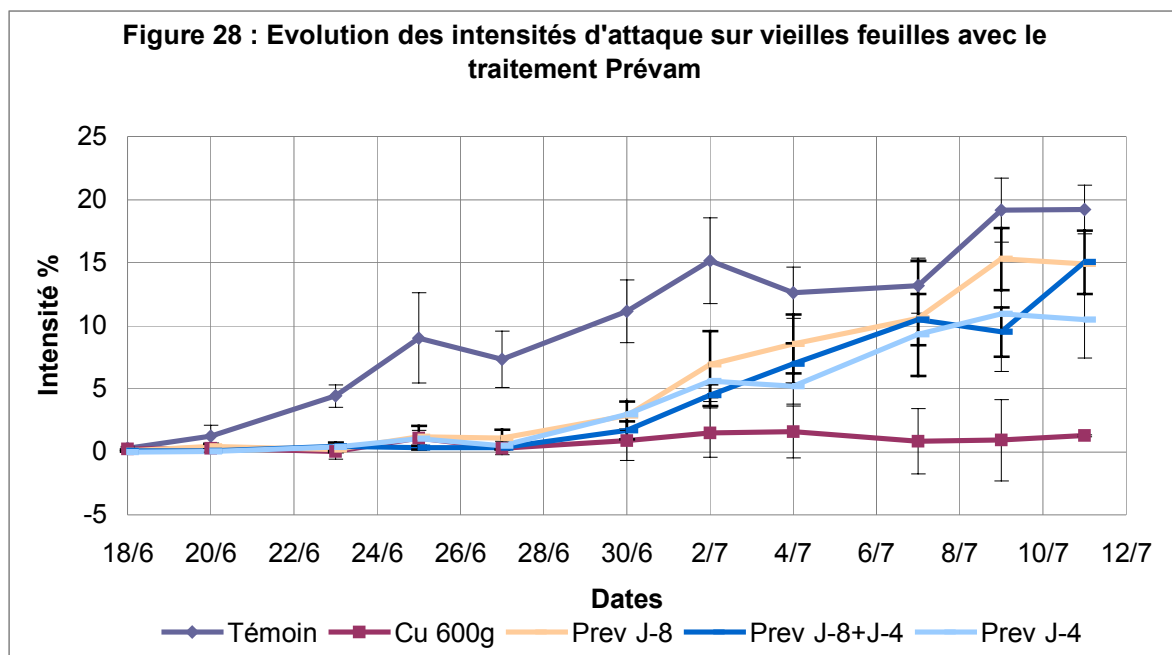
Les modalités Témoin et Cuivre forte dose présentent des AUDPC significativement différentes. La modalité Témoin est représentée par l'AUDPC la plus élevée et la modalité Cuivre forte dose avec une AUDPC 9 fois inférieure à celle du Témoin.

Les stratégies de traitement ont des AUDPC comprises entre celles des modalités Témoin et Cuivre forte dose.

Le traitement J-4 a une AUDPC pas statistiquement différente de celle du cuivre.

Le traitement J-8 et le traitement J-8+J-4 présentent des AUDPC statistiquement égales. Cependant, le traitement J-8 présente une AUDPC statistiquement proche de celle du Témoin. Le traitement J-8+J-4 a une AUDPC statistiquement différente du Témoin et du traitement J-4.

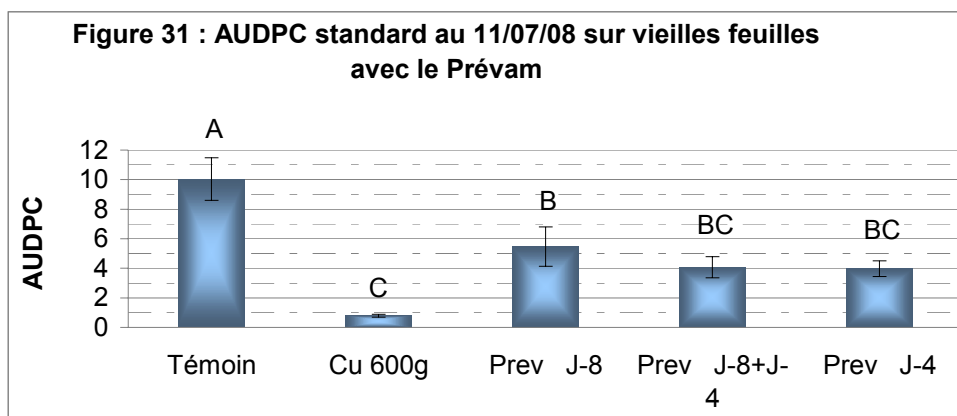
• Résultat pour le PréVam



	18-juin	20-juin	23-juin	25-juin	27-juin	30-juin	02-juil	04-juil	07-juil	09-juil	11-juil
TNT	0,3	1,2	4,4 A	9 A	7,3 A	11 A	15 A	13 A	13	19 A	19 A
Prev J-8	0,1	0,4	0,2 B	1,2 B	1,1 B	2,8 B	6,9 B	8,5 AB	11	18 A	15 A
Prev J-8+J-4	0,1	0	0,4 B	0,3 B	0,3 B	1,7 B	4,5 B	7 ^{AB} _C	10	9,5 AB	15 A
Prev J-4	0	0	0,4 B	1 B	0,5 B	2,9 B	5,6 B	5,1 BC	9,3	11 AB	10 A
Cu 600g	0,2	0,3	0 B	1,1 B	0,3 B	0,9 B	1,5 B	1,6 C	0,8	0,9 B	1,3 B

Récapitulatif des intensités d'attaque moyennes et des groupes homogènes des modalités de l'essai dates d'application avec le PréVam

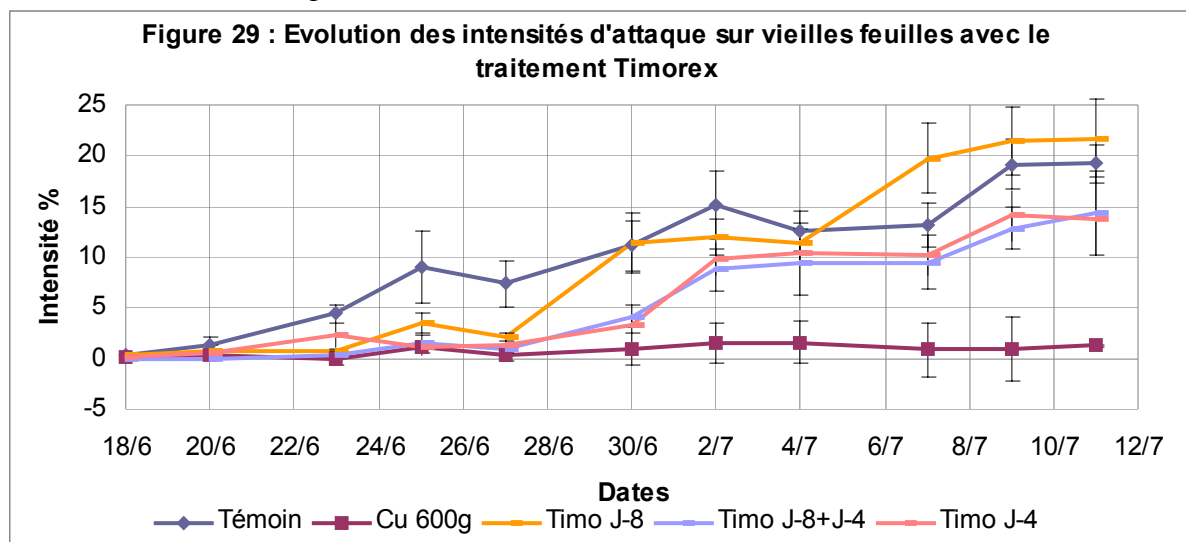
Jusqu'au 2 juillet, les modalités PréVam ont des intensités d'attaque statistiquement équivalente au cuivre forte dose. A partir du 4 juillet, les produits décrochent, pour être non statistiquement différents du témoin le 11 juillet.



Tous les traitements ont des AUDPC statistiquement différentes du Témoin et ne sont pas statistiquement différents entre eux.

Cependant le traitement J-4 et le traitement J-8+J-4 ont tendance à présenter des AUDPC proches de celle du cuivre. Le traitement J-8 a une AUDPC statistiquement différente du Témoin et du Cuivre.

• *Résultat pour le Timorex*



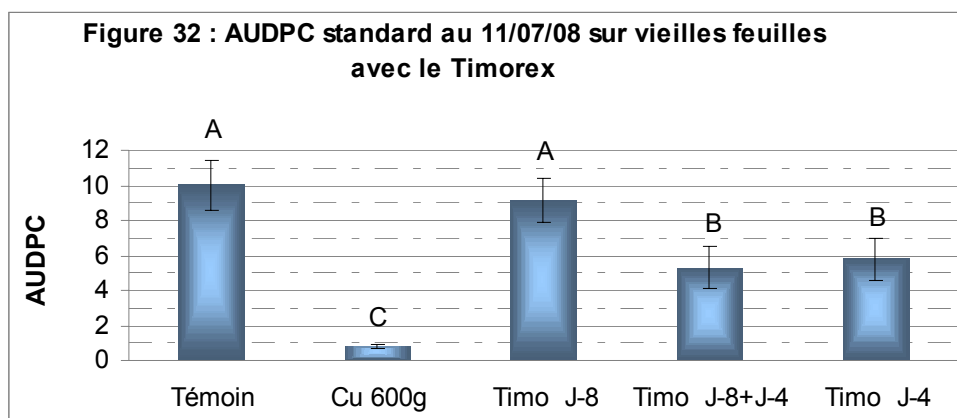
	18-juin	20-juin	23-juin	25-juin	27-juin	30-juin	02-juil	04-juil	07-juil	09-juil	11-juil
TNT	0,3	1,2	4,4 A	9 A	7,3 A	11 A	15 A	13 A	13 A	19 A	19 A
Timo J-8	0,3	0,8	0,6 B	3,5 B	2,1 B	11 A	12 A	11 A	20 A B	21 A	22 A
Timo J-8+J-4	0	0	0,4 B	1,6 B	0,8 B	4,1 B	8,8 A	9,5 A	9,5 B	13 A	14 A
Timo J-4	0	0,5	2,3 B	2 B	1,2 B	3,2 B	9,8 A	10 A	10 B	14 A	14 A
Cu 600g	0,2	0,3	0 B	1,1 B	0,3 B	0,9 B	1,5 B	1,6 B	0,8 B	0,9 B	1 B

Récapitulatif des intensités d'attaque moyennes et des groupes homogènes des modalités de l'essai dates d'application avec le Timorex

Jusqu'au 27 juin toutes les stratégies de traitements montrent des intensités d'attaque statistiquement égales au témoin. A partir de cette date :

Le traitement J-8 décroche le 30 juin (intensités équivalentes au témoin)

Le traitement J-8+J-4 et le traitement J-4 ont des intensités d'attaque proches et statistiquement égales tout au long de l'essai. Ces modalités décrochent le 2 juillet, avec des intensités statistiquement égales au témoin à partir de cette date.



Les AUDPC des traitements présentent des différences significative entre elles.

Le traitement J-4 et le traitement J-8+J-4 présentent des AUDPC statistiquement égales. Ces deux traitements montrent des AUDPC statistiquement différentes du Témoin et du Cuivre forte dose.

Le traitement J-8 présente une AUDPC statistiquement identique à celle du Témoin.

5.2.2. Résultats sur jeunes feuilles

L'effet systémique des produits alternatifs sur les jeunes feuilles n'a pas été mis en évidence dans l'essai date d'application. Il n'est pas nécessaire de commenter les courbes d'évolution des fréquences, des intensités d'attaque ainsi que l'histogramme des AUDPC standards.

6. CONCLUSIONS

REDUCTION DES DOSES DE CUIVRE

D'après les résultats de l'essai produit il apparaît difficile de se passer totalement des produits cupriques pour lutter contre le mildiou de la vigne.

La modalité Cuivre 600g apporte le meilleur niveau de protection contre le mildiou de la vigne, de plus il présente une rémanence plus longue que les produits alternatifs.

La modalité Cuivre 50g apporte un niveau de protection intermédiaire. Cette dose de 50g de cuivre métal est extrêmement faible, insuffisante pour assurer une protection seule. L'ajout de cuivre 50g aux produits alternatifs s'avère peu intéressant, sauf l'association Timorex + cuivre 50g qui assure une des meilleures protections.

DES PRODUITS ALTERNATIFS EFFICACES SUR VIEILLES FEUILLES POUR MAITRISER LE MILDIOU

La pression de mildiou sous ombrière a été moyenne, avec des intensités d'attaque maximales atteignant 19 % en fin d'essai.

Tous les produits alternatifs ont des AUDPC statistiquement différentes de celle du Témoin, ce qui prouve que les produits ont un effet sur le mildiou. Les AUDPC des produits alternatifs sont statistiquement égales entre elles. On peut cependant dégager quelques tendances au niveau des produits testés seuls et des associations avec le cuivre faible dose.

Le Chitoplant apparaît cette année comme le produit alternatif le plus prometteur, avec un faible niveau d'attaque et comparable à celui du cuivre 600g. Un effet antagoniste a été observé entre le cuivre et le Chitoplant. Le Chitoplant a la particularité de pouvoir adsorber les métaux lourds. Le Cuivre étant un métal lourd, on peut supposer que l'association des produits réduise ou neutralise l'effet éliciteur du Chitoplant sur la plante et les effets du Cuivre sur le mildiou. L'association du Cuivre avec le Chitoplant ne devrait pas être renouvelée l'année prochaine.

Le Prévam associé ou non avec le cuivre apporte le même niveau de protection et présente une efficacité comparable à celle du cuivre 600g. On possède encore très peu de données bibliographiques sur ce produit et on ne connaît pas son mode d'action vis à vis du mildiou. On sait que le Prévam réduit le taux d'hygrométrie au niveau de la plante. On peut supposer que cet assèchement des surfaces traitées peut créer des conditions défavorables au développement du mildiou en réduisant la quantité d'eau libre en surface et le temps d'humectation nécessaire au développement de l'infection

Le Timorex seul présente une efficacité limitée par rapport à celles des produits Prévam et Chitoplant. On peut remarquer un effet additionnel entre le Timorex et le cuivre, la modalité Timorex plus cuivre apparaît aussi efficace que le cuivre 600g. On peut supposer que le Timorex serait peut être plus efficace en conditions de faible pression (le cuivre participant à réduire la pression).

AUCUNE PREUVE DE L'EFFET SYSTEMIQUE DES PRODUITS ALTERNATIFS

Le test statistique réalisé sur jeunes feuilles, sur les intensités, les fréquences d'attaque et les AUDPC, ne donne aucune différence entre les modalités. On ne peut donc rien affirmer d'un point de vue statistique mais on peut tout de même faire quelques observations.

Le Cuivre 600g limite la progression du mildiou sur jeunes feuilles. Ce résultat est étonnant venant d'un produit de contact. En effet, les feuilles qui apparaissent après le traitement ne sont pas protégées contre le mildiou. On peut supposer que son efficacité au niveau des vieilles feuilles a tendance à réduire la pression de mildiou au niveau des jeunes feuilles. Le Prévam associé au cuivre est la modalité qui limite le mieux la progression du mildiou sur jeunes feuilles. La réduction de l'inoculum sur les feuilles traitées pourrait là aussi expliquer une pression moindre sur jeunes feuilles.

Les produits contenant des éliciteurs (Timorex et Chitoplant) ont tendance à avoir une efficacité sur jeunes feuilles avec des AUDPC inférieures à celle du témoin. On ne peut écarter que ces produits ont un éventuel effet éliciteur systémique.

DES DATES D'APPLICATION OPTIMALES DIFFICILES A DETERMINER

Concernant les stratégies d'application, une élicitation 8 jours avant inoculation et une double élicitation ne montrent aucun intérêt dans les conditions de l'essai de cette année. L'efficacité maximale des produits est obtenue pour une application 4 jours avant inoculation. L'application de tels éliciteurs devrait donc être déclenchée en pratique par les modèles de prévision des risques.