



Contrôle de *Plasmopara viticola*, agent du mildiou de la vigne

Marc Chovelon- Grab Avignon

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 de l'Alphonse Lavallée. 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

Pour nos essais, nous avons récupéré des feuilles attaquées par le mildiou, en pleine sporulation, dans un essai du SRPV. Les faces inférieures des feuilles sont ensuite "brossées" à l'aide d'un pinceau dans un fond d'eau. L'inoculum est ainsi récupéré.

3. REALISATION DE L'EXPERIENCE

3.1. Essai produit

L'essai produit va étudier l'efficacité des éliciteurs et les comparer entre eux.

16 modalités ont été testées :

- Modalité 1 : témoin non traité
- Modalité 2 : Hydroxyde de cuivre Champ DP 37,5% (600g Cu/ha soit 1,6 g/L) = cuivre forte dose
- Modalité 3 : Hydroxyde de cuivre Champ DP 37,5% (50g Cu/ha soit 0,133 g/L) = cuivre faible dose
- Modalité 4 : Extrait de Yucca (3kg/ha soit 3g/L)
- Modalité 5 : Extrait de Yucca (3g/L) + Cuivre (0,133g/L)
- Modalité 6 : Chitoplant (0,5% soit 5g/L)
- Modalité 7 : Chitoplant (5g/L) + Cuivre (0,133g/L)
- Modalité 8 : Timorex (huile d'arbre à thé à 0,5% soit 5mL/L)
- Modalité 9 : Timorex (0,5%) + Cuivre (0,133g/L)
- Modalité 10 : Timorex (0,5%) + Trapper (fertilisant à 0,3% soit 3mL/L)
- Modalité 11 : Timorex (0,3%)
- Modalité 12 : Timorex (0,3%) + Trapper (0,3%)
- Modalité 13 : Timorex (0,3%) + Cuivre (0,133g/L)
- Modalité 14 : Timorex (0,7%)

-Modalité 15 : Timorex (0,7%) + Trapper (0,3%)

-Modalité 16 : Timorex (0,7%) + Cuivre (0,133g/L)

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.

3.1.1. Dispositif expérimental

Cette expérience a été mise en place sous ombrière selon un dispositif en bloc. Il y a 6 blocs, à l'intérieur de chaque bloc toutes les modalités sont représentées et sont randomisées. Une unité expérimentale est constituée de 2 plants de vigne : l'essai produit représente 192 pots. Les plants ont été mis en place selon le dispositif généré par le logiciel StatboxPro®. Pour chaque bloc, les plants ont été insérés entre deux fils pour éviter les chutes de pots provoquées par le mistral.

Plan d'expérience de l'essai « produit »

B1	B2	B3	B4	B5	B6
Timorex 0,5	Timorex 0,7 + Cu	Yucca	Timorex 0,3 + Cu	Timorex 0,7 + Cu	Yucca + Cu
Timorex 0,3	Cu 600g	TNT	Timorex 0,3 + Trap 0,3	Timorex 0,5 + Cu	Timorex 0,5 + Trap 0,3
Cu 600g	Timorex 0,5	Timorex 0,7	Timorex 0,5 + Trap 0,3	TNT	Timorex 0,3 + Trap 0,3
Chito	TNT	Chito + Cu	Chito	Timorex 0,7	Chito + Cu
Timorex 0,7 + Cu	Chito	Timorex 0,3	Yucca + Cu	Cu 600g	Chito
Timorex 0,3 + Trap 0,3	Timorex 0,5 + Trap 0,3	Timorex 0,7 + Trap 0,3	Timorex 0,5 + Cu	Yucca + Cu	Timorex 0,5 + Cu
Chito + Cu	Timorex 0,3	Chito	Yucca	Timorex 0,3	Timorex 0,7
Yucca + Cu	Yucca + Cu	Timorex 0,5	Timorex 0,7	Timorex 0,5 + Trap 0,3	Timorex 0,5
Timorex 0,7 + Trap 0,3	Chito + Cu	Timorex 0,3 + Trap 0,3	Chito + Cu	Chito + Cu	Timorex 0,7 + Cu
Timorex 0,5 + Trap 0,3	Yucca	Timorex 0,7 + Cu	Timorex 0,7 + Trap 0,3	Timorex 0,3 + Trap 0,3	Yucca
Timorex 0,7	Timorex 0,5 + Cu	Yucca + Cu	Cu 50g	Timorex 0,5	Cu 50g
Cu 50g	Timorex 0,3 + Trap 0,3	Timorex 0,5 + Cu	TNT	Timorex 0,7 + Trap 0,3	Timorex 0,3 + Cu

TNT	Timorex 0,3 + Cu	Timorex 0,5 + Trap 0,3	Timorex 0,5	Chito	TNT
Yucca	Timorex 0,7 + Trap 0,3	Timorex 0,3 + Cu	Cu 600g	Cu 50g	Cu 600g
Timorex 0,3 + Cu	Cu 50g	Cu 600g	Timorex 0,7 + Cu	Yucca	Timorex 0,7 + Trap 0,3
Timorex 0,5 + Cu	Timorex 0,7	Cu 50g	Timorex 0,3	Timorex 0,3 + Cu	Timorex 0,3

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 4 juin et l'inoculation a eu lieu le 8 juin de façon à ce que les premiers symptômes apparaissent après une dizaine de jours environ à compter de cette date.

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 10 jours (J-10), 8 jours (J-8), 6 jours (J-6), 4 jours (J-4) et 2 jours (J-2) avant l'inoculation avec des spores de mildiou. Seul le Timorex à 0,5% et le Chitoplant à 0,5% sont testés.

3.2.2. Dispositif expérimental

Plan de l'essai

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	Timo J-4	Chito J-8	Chito J-6	Chito J-8	Chito J-8	Timo J-6
2	Chito J-8	Chito J-6	Timo J-10	Chito J-4	Chito J-10	Chito J-8
3	Timo J-2	Timo J-6	Chito J-8	Timo J-6	Chito J-2	Chito J-2
4	Timo J-8	Chito J-2	Chito J-10	Timo J-2	Timo J-10	Timo J-8
5	Chito J-10	Timo J-8	Chito J-4	Timo J-8	Timo J-6	Chito J-4
6	Chito J-2	Chito J-4	Timo J-2	Timo J-4	Chito J-4	Chito J-10
7	Chito J-4	Timo J-2	Timo J-4	Chito J-2	Timo J-8	Timo J-10
8	Timo J-10	Timo J-10	Timo J-6	Chito J-6	Chito J-6	Timo J-2
9	Timo J-6	Chito J-10	Chito J-2	Chito J-10	Timo J-2	Chito J-6
10	Chito J-6	Timo J-4	Timo J-8	Timo J-10	Timo J-4	Timo J-4

Le dispositif est en blocs avec 6 répétitions et 10 modalités. L'unité expérimentale est de 2 plants de vigne : l'essai « date d'application » représente 120 pots. 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. Ils ont eu lieu le 29 mai (J-10), 31 mai (J-8), 2 juin (J-6), 4 juin (J-4) et 6 juin (J-2).

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). Distinguer jeunes feuilles et vieilles feuilles pourra permettre de distinguer une éventuelle action systémique des produits étudiés.

Les observations ont débuté le 13 juin à la sortie des premières tâches et sont réalisées tous les 2 ou 3 jours jusqu'au 9 juillet.

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.

Ensuite, pour chaque modalité, la fréquence d'attaque du mildiou est calculée en faisant la moyenne des fréquences par plant de la modalité.

Le traitement des données statistiques sera effectué à l'aide du logiciel Statbox Pro.

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

5.1. Essai produit

Les notations d'intensité de l'attaque ont permis de réaliser un graphique d'évolution de cette attaque ainsi qu'un histogramme d'AUDPC pour vieilles et jeunes feuilles et des diagrammes en boîte à moustaches.

Nous avons également réalisé un graphique d'évolution des fréquences.

Les notations ont été réalisées jusqu'au 9 juillet mais on ne prend en compte les résultats ne s'étalant que jusqu'au 27 juin, date après laquelle les produits appliqués semblent perdre leur efficacité. On a donc une homogénéisation des résultats avec des ségrégations beaucoup plus faibles entre les traitements après le 27 juin.

5.1.1. Résultats sur vieilles feuilles

Les notations d'intensité d'attaque ont permis de réaliser l'histogramme des AUDPC (ainsi que le diagramme en boîte à moustaches de ces AUDPC pour chaque traitement (figure n°2).

Tous les traitements ont une efficacité comprise entre le témoin et le cuivre à forte dose. L'efficacité du cuivre forte dose ne semble pas être remise en cause, en effet l'AUDPC du cuivre est 6 fois inférieure à celle du témoin. Le cuivre à faible dose est en revanche moins efficace mais l'on observe tout de même une AUDPC plus faible que chez le témoin. Cette référence cuivre (Cu 600g) montre le seuil minimal d'attaque que l'on peut espérer atteindre avec un anti-mildiou très efficace et également que les traitements ont été rigoureusement effectués. Nous avons tenté de réaliser une analyse de variance sur les AUDPC au 27 juin mais les hypothèses de l'ANOVA ne sont pas respectées. La puissance de l'essai étant de 70% le dispositif expérimental n'est pas remis en cause.

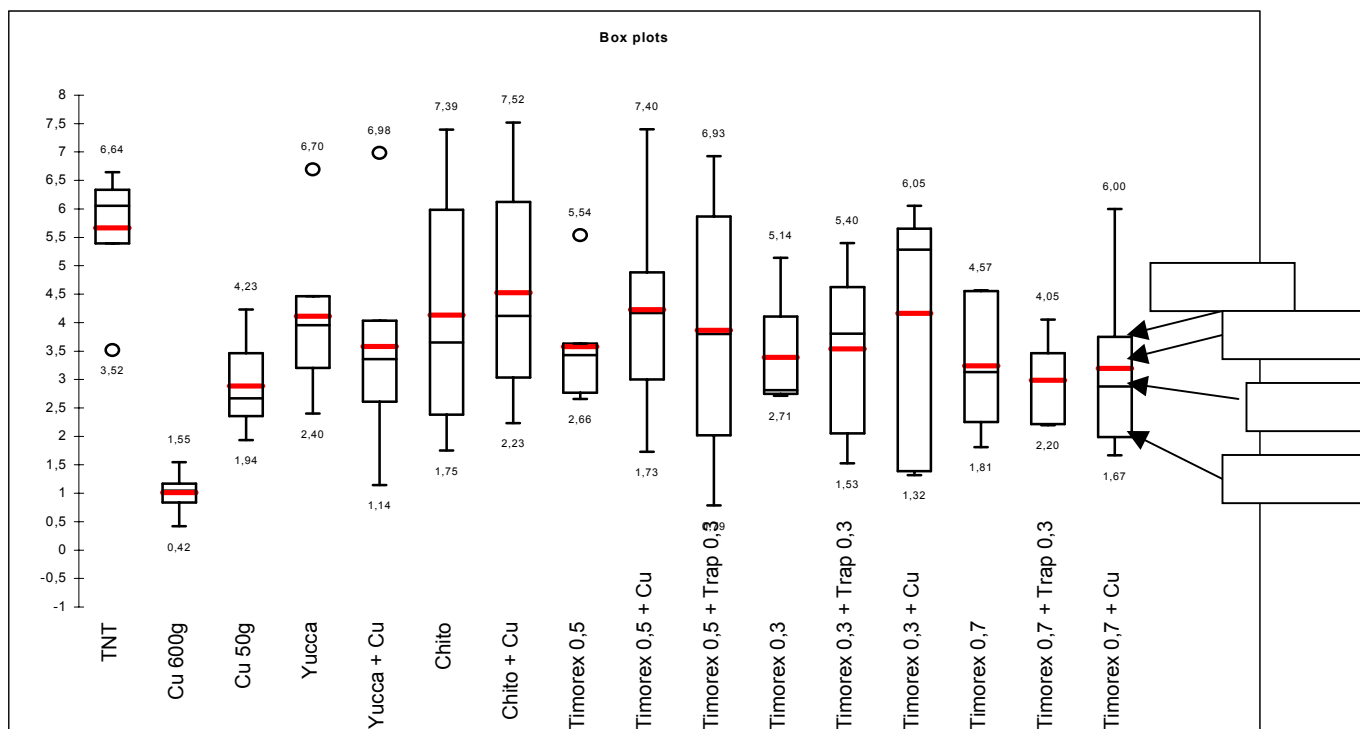


Figure n°2 : diagramme en boîte à moustaches sur les AUDPC vieilles feuilles au 27 juin (essai produit)

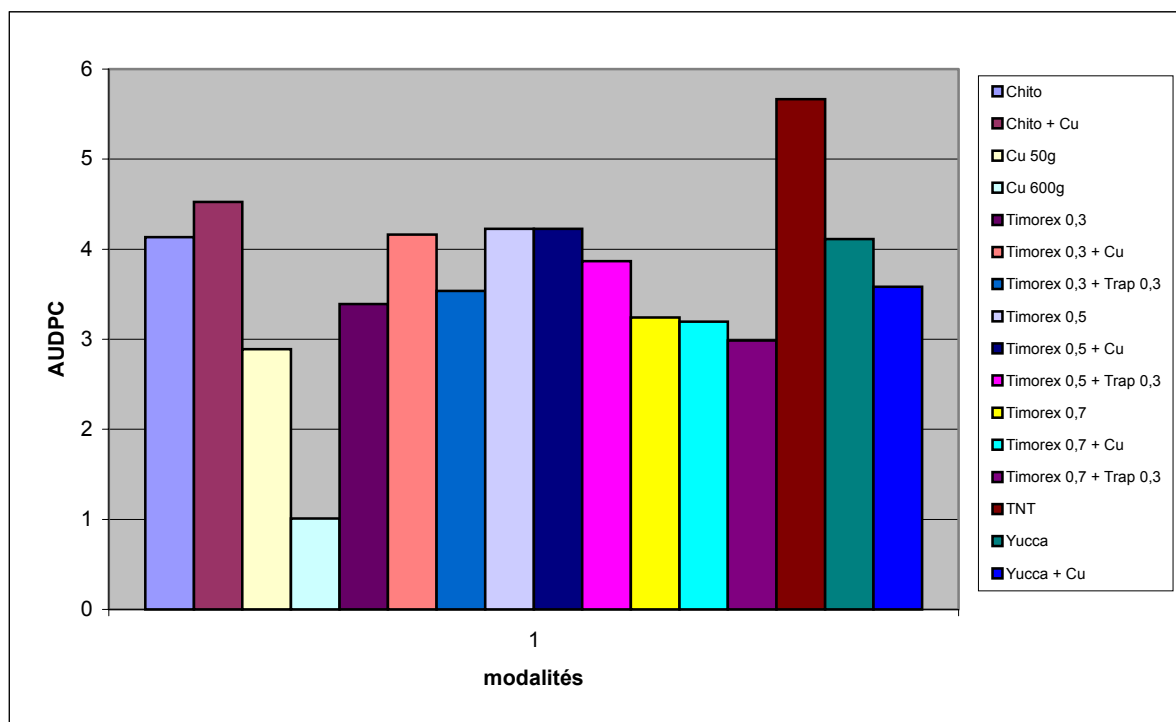


Figure n°3 :AUDPC au 27/06/2007 sur les vieilles feuilles pour toutes les modalités

Selon le test de comparaison de moyennes de Newman-Keuls au seuil de 5% seul le cuivre forte dose est statistiquement différent du témoin. Les résultats ne restent qu'une indication car l'ANOVA n'est pas valable.

Figure n°4 : tableau de résultat de Newman-Keuls

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	TNT	5,667	A	
7.0	Chitoplant + Cu	4,525	A	
9.0	Timorex 0,5% + Cu	4,226	A	
13.0	Timorex 0,3% + Cu	4,164	A	
6.0	Chitoplant	4,135	A	
4.0	Yucca	4,112	A	
10.0	Timorex 0,5% + trapper 0,3%	3,866	A	
5.0	Yucca + Cu	3,582	A	B
8.0	Timorex 0,5%	3,576	A	B
12.0	Timorex 0,3% + trapper 0,3%	3,536	A	B
11.0	Timorex 0,3%	3,39	A	B
14.0	Timorex 0,7%	3,24	A	B
16.0	Timorex 0,7% + Cu	3,194	A	B
15.0	Timorex 0,7% + trapper 0,3%	2,987	A	B
3.0	Cu 50g	2,888	A	B
2.0	Cu 600g	1,009		B

D'après le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (alternative non paramétrique au test ANOVA à 1 facteur) on obtient une p-value de 0,021 inférieure à $\alpha = 0,05\%$, on peut donc rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 16 groupes, autrement dit, la différence entre les groupes est significative.

Au niveau des tendances les autres traitements ne semblent pas être aussi efficaces que le cuivre à forte dose, néanmoins ils semblent avoir une certaine action contre le pathogène car leur AUDPC est dans tous les cas inférieure à celle du témoin. Le Timorex à 0,7% paraît avoir légèrement plus d'efficacité que le Timorex à 0,5% et 0,3%.

Les traitements au Yucca et au Chitopant possèdent une moins bonne efficacité que le Timorex à 0,7%. Les traitements conjugués au cuivre faible dose ne sont pas plus efficaces que le traitement au cuivre faible dose (excepté pour le Yucca). Nous ne pouvons pas démontrer de synergie entre le cuivre et les produits étudiés. Concernant les traitements Timorex conjugués au Trapper ils sont légèrement plus efficaces (excepté pour le Timorex 0,7% où l'efficacité est la même).

L'ANOVA réalisée sur les fréquences au 27 juin montre des différences significatives entre les traitements. Le test de Newman-Keuls nous informe que seul le traitement au cuivre montre une efficacité différente par rapport au témoin et aux autres traitements. Les fréquences de feuilles atteintes par le pathogène sont comprises entre 40 et 60% au 27 juin (la moitié des feuilles observées possède du mildiou) excepté pour le cuivre à forte dose et le Timorex 0,5% pour lesquels la fréquence est inférieure à 20%. On peut noter qu'au 9 juillet pour tous les traitements, cuivre forte dose y compris, la fréquence de l'attaque est comprise entre 90% et 100%, toutes les feuilles sont donc atteintes de mildiou.

5.1.2. Résultats sur jeunes feuilles

De même que pour les vieilles feuilles nous avons réalisé des courbes d'évolution d'intensité, un histogramme représentant les AUDPC pour chaque traitement (cf. annexe 10) ainsi que le diagramme en boîte à moustaches (figure n°3).

Globalement pour les jeunes feuilles on peut observer des AUDPC plus élevées pour les mêmes traitements que sur les vieilles feuilles, ce qui paraît normal puisque ces jeunes feuilles étant apparues après le traitement ne sont pas protégées directement contre le mildiou en cas d'absence d'effet systémique des produits testés. Les tendances montrent tout de même des AUDPC plus faibles que chez le témoin pour certains traitements ce qui laisse supposer un certain effet systémique.

L'ANOVA n'est pas interprétable car les hypothèses ne sont pas respectées. Le test de Newman-Keuls ne donne pas de résultat non plus.

Selon le test de Kruskal-Wallis il n'y a pas de différence entre les différents traitements. Rien n'est donc statistiquement affirmé.

Au niveau des tendances on peut remarquer que les traitements au cuivre à forte et faible dose ont une assez bonne efficacité ce qui semble étonnant le cuivre étant un fongicide de contact. Le Chitopant, yucca, Timorex 0,5%, Timorex 0,3% et Timorex 0,7% +Cu ont également une efficacité notable contre le mildiou. Ces résultats ne sont cependant pas confirmés statistiquement.

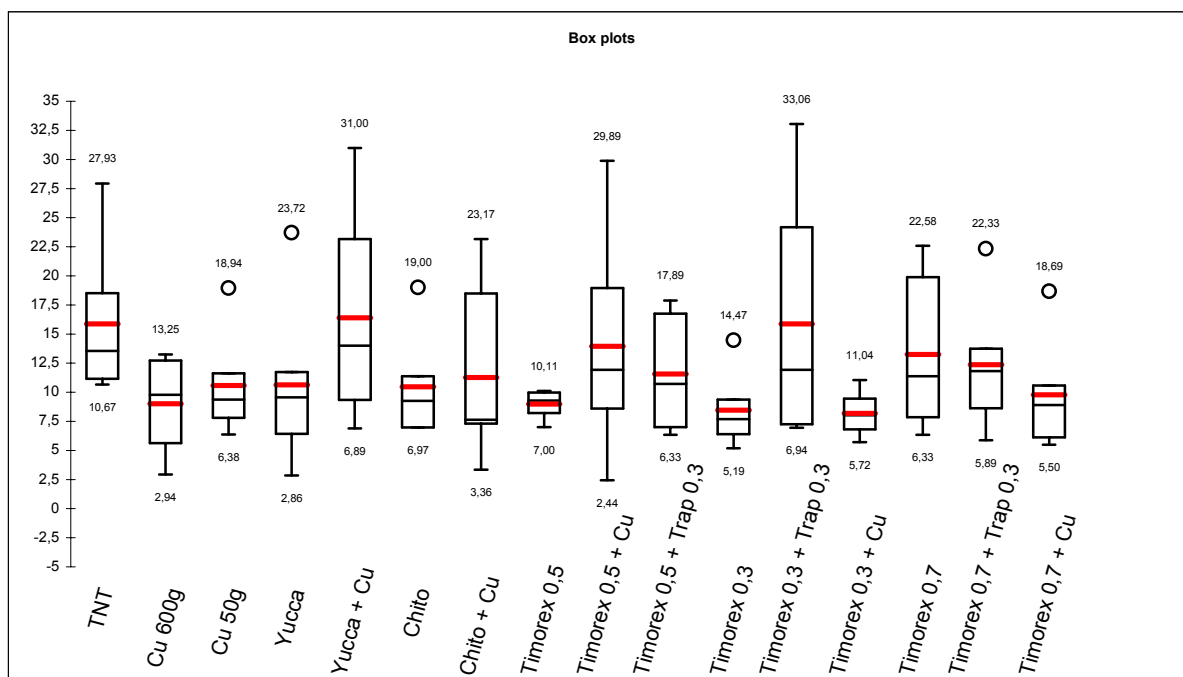


Figure n°5 : diagramme en boîte à moustaches sur AUDPC jeunes feuilles au 27 juin (essai produit)

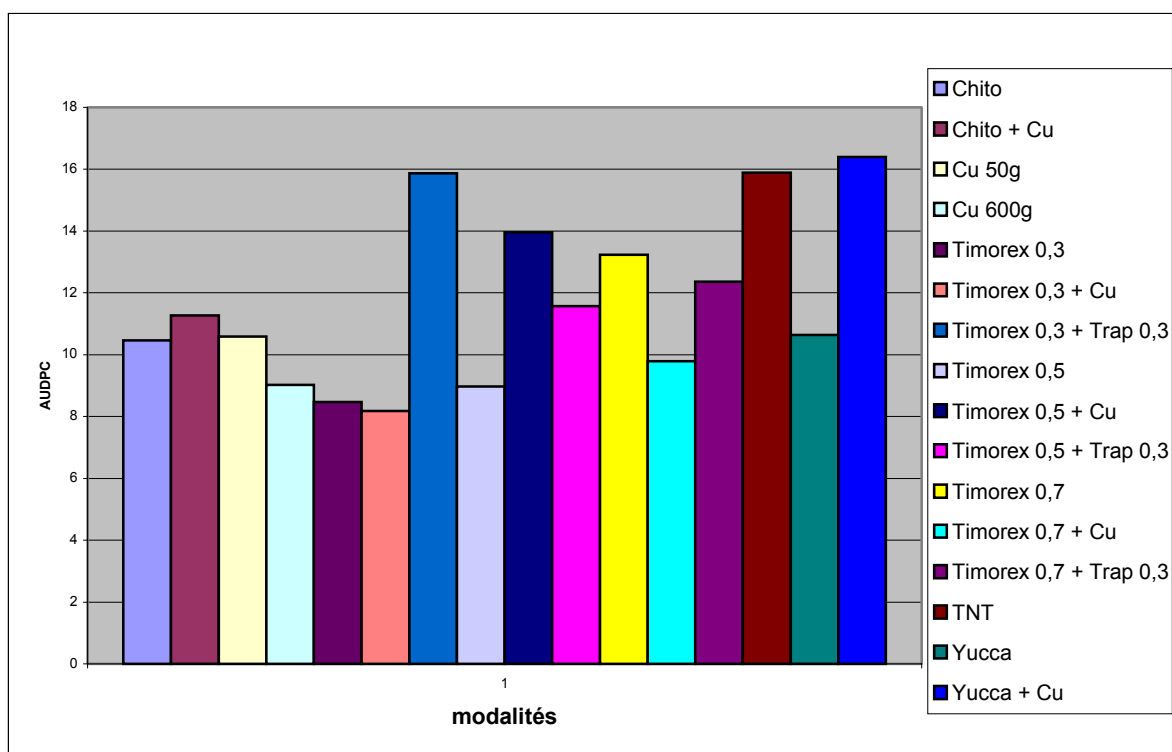


Figure n°6 : AUDPC au 27/06/2007 sur les jeunes feuilles pour toutes les modalités

L'ANOVA ne montre pas de différence significative entre les traitements au niveau des fréquences d'attaque. Cependant selon le test non paramétrique de Kruskal-Wallis il semblerait y avoir des différences significatives entre les traitements.

Le graphique d'évolution des fréquences de jeunes feuilles atteintes (annexe n°12) montre qu'entre 60% et 80% des jeunes feuilles sont atteintes au 27 juin et 100% des jeunes feuilles au 9 juillet excepté pour le Chitoplant.

5.2. Essai date d'application

- Vieilles feuilles :**

De même que pour l'essai produit, les notations de l'intensité du mildiou ont permis de réaliser l'histogramme des AUDPC ainsi que des diagrammes en boîte à moustaches.

L'intensité de mildiou au 27 juin était comprise entre 5 et 15% pour les vieilles feuilles, et entre 30 et 35% au 9 juillet. La fréquence est comprise entre 30 et 60% au 27 juin et tend vers 100% pour toutes les modalités au 9 juillet.

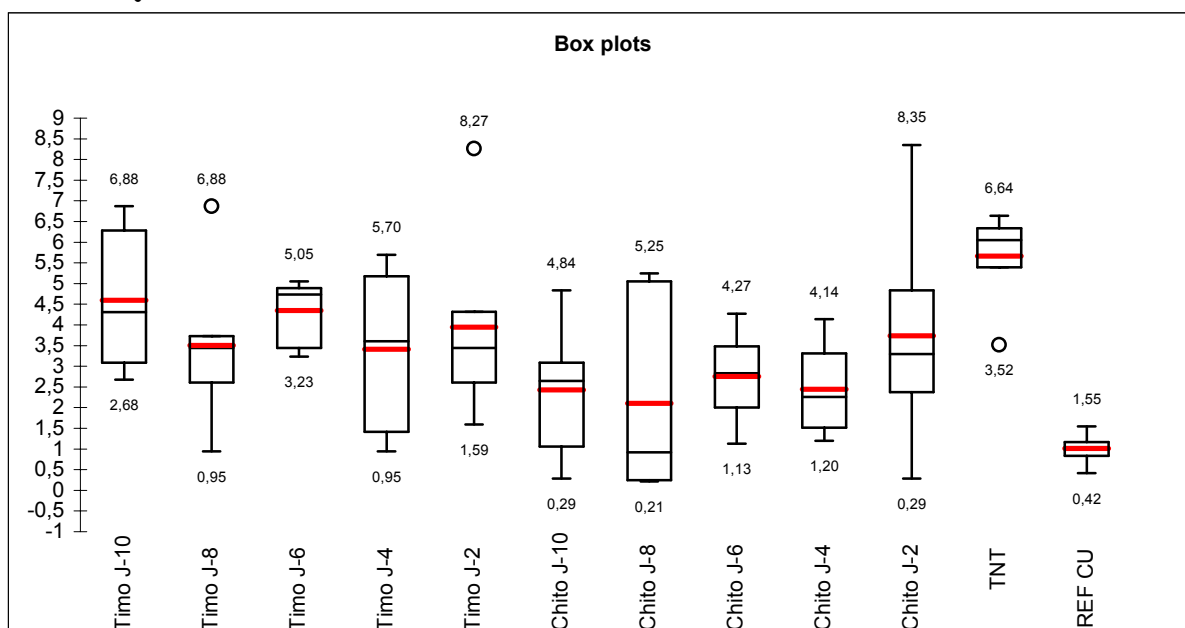


Figure n°7 : diagramme en boîte à moustaches sur AUDPC vieilles feuilles au 27 juin (essai date)

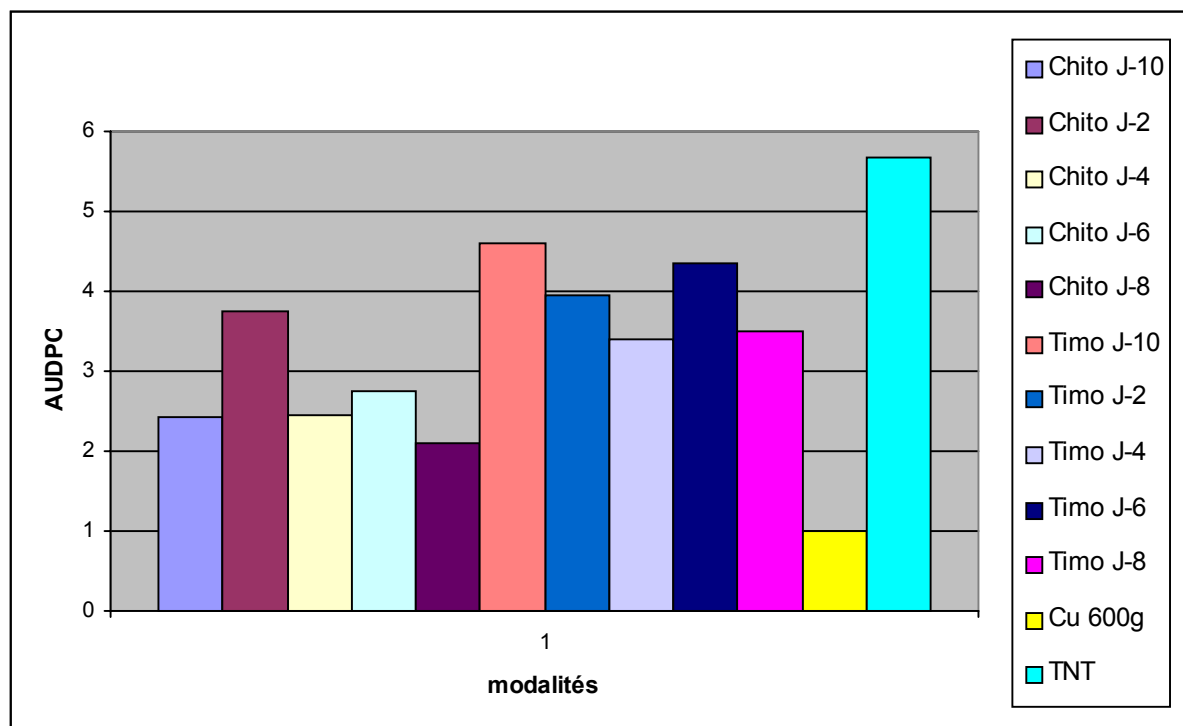


Figure n° 8 : AUDPC sur vieilles feuilles au 27/06/07 pour toutes les modalités

Tous les traitements ont une AUDPC comprise entre le témoin non traité et le cuivre.

L'ANOVA n'est pas interprétable car les hypothèses ne sont pas respectées. Selon le test de Kruskal Wallis, au seuil de signification $\alpha = 0,05\%$, la différence entre les traitements est significative.

Au niveau des tendances il semble que les traitements au Chitoplant soient plus efficaces que les traitements au Timorex, excepté pour le traitement Chitoplant J-2.

Concernant le Chitoplant les modalités Chitoplant J-10, Chitoplant J-8, Chitoplant J-6 et Chitoplant J-4 semblent être les plus efficaces en comparaison au Chitoplant J-2 malgré une dispersion assez importante pour le Chitoplant J-8. Le graphique des fréquences confirme que les feuilles sont moins atteintes dans le cas du Chitoplant J-8 et Chitoplant J-10 (fréquence inférieure à 40% au 27 juin). En effet l'ANOVA réalisée sur les fréquences au 27 juin indique des différences significatives entre les traitements. Selon le test de Newman-Keuls le traitement au cuivre est significativement différent du reste des traitements et le chitoplant J-4, chitoplant J-8 et chitoplant J-10 occupe une place intermédiaire entre le cuivre et le reste des traitements.

Concernant le Timorex les modalités Timorex J-8 et Timorex J-4 sont les plus efficaces.

- **Jeunes feuilles :**

Les résultats sont résumés comme précédemment sous forme d'histogramme des AUDPC (annexe n°14) et de diagramme en boîte à moustaches (figure n°5).

L'intensité de l'attaque de mildiou est comprise entre 10 et 30% au 27 juin et entre 50 et 70% au 9 juillet. La fréquence de mildiou sur jeunes feuilles est comprise entre 60 et 80% au 27 juin et tend vers 100% au 9 juillet pour toutes les modalités.

L'ANOVA n'est pas interprétable car ces hypothèses ne sont pas respectées. Cependant le test de Kruskal-Wallis nous dit qu'il y'a une différence significative entre les traitements.

L'ensemble des modalités montre une AUDPC inférieure à celle du témoin. Le cuivre ne semble pas être le traitement le plus efficace pour les jeunes feuilles néoformées car il ne possède pas d'action systémique.

Au niveau des tendances les modalités Chitoplant J-8 et Chitoplant J-2 sont plus efficaces que les modalités Chitoplant J-4, J-10 et J-6. L'ANOVA des fréquences n'est pas interprétable cependant selon le test de kruskal-Wallis il existe des différences significatives entre les traitements. Le graphique des fréquences confirme que les feuilles de la modalité Chitoplant J-2 sont moins atteintes (fréquence inférieure à 60% au 27 juin).

Concernant le Timorex, les modalités Timorex J-10 et Timorex J-2 sont les plus efficaces.

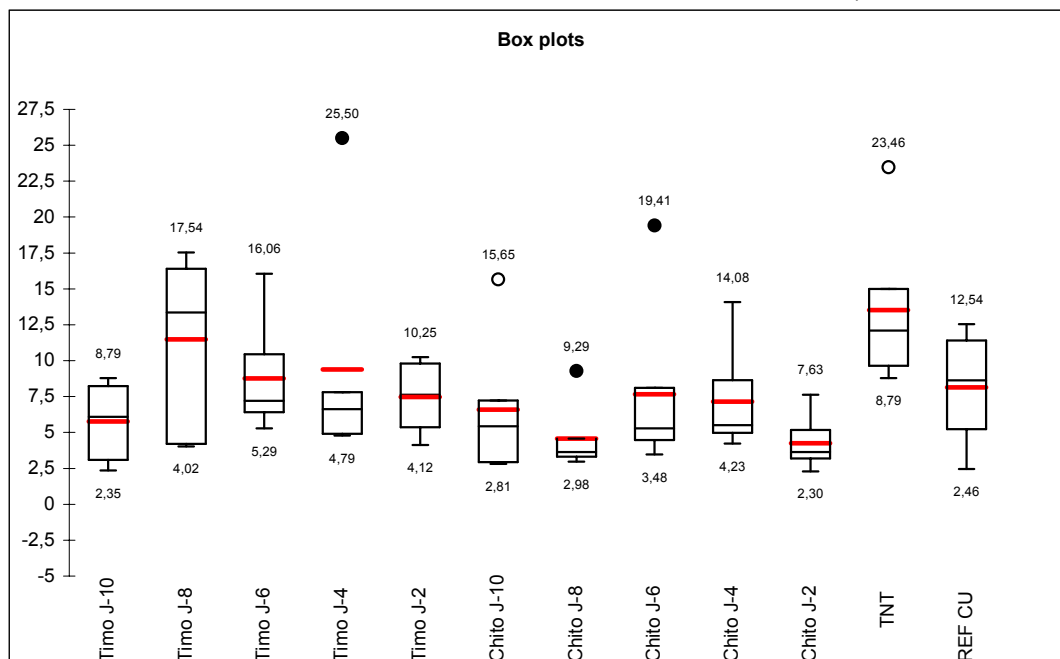


Figure n°9 : diagramme en boîte à moustaches sur AUDPC jeunes feuilles au 27 juin (essai date)

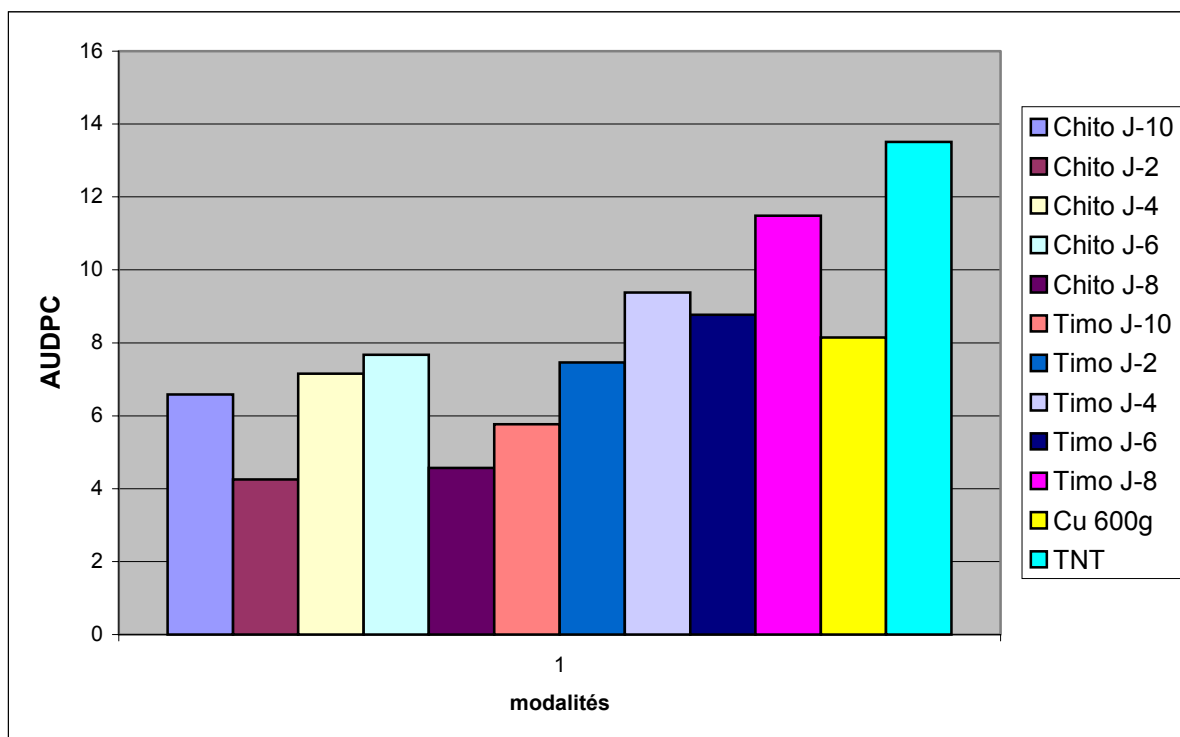


Figure n° 10 : AUDPC sur jeunes feuilles au 27/06/07 pour toutes les modalités

6. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Grâce à des conditions climatiques plus favorables cette année pour le développement du mildiou nous avons constaté des fréquences et intensités de l'attaque de mildiou assez importantes permettant une analyse plus fiable des résultats. Néanmoins, les résultats restent souvent assez difficilement interprétables d'un point de vue pratique. En effet, il reste difficile de déterminer quel produit utiliser de préférence sachant que les efficacités sur les vieilles feuilles et les jeunes feuilles sont souvent différentes et statistiquement pas différentes du témoin dans de nombreux cas. Il en va de même quant à la détermination d'une date optimale d'application. Cette date pour un même produit varie selon que l'on considère les jeunes ou les vieilles feuilles. En effet l'action du produit sur les vieilles feuilles est une action directe, différente de celle exercée sur les jeunes feuilles (action systémique). Il est donc difficile de choisir une date d'application pour laquelle l'efficacité serait optimale autant pour les jeunes feuilles que pour les vieilles feuilles comme le montrent les résultats.

De plus les conditions environnementales et climatiques ne sont pas à négliger pour l'analyse des résultats. En effet ; les facteurs environnementaux et climatiques étaient largement favorables aux mildiou ce qui est rarement le cas dans notre région. Les vignes sont plantées dans des petits pots ne permettant pas un développement excessif du système racinaire. Ces facteurs environnementaux et climatiques n'ont peut être pas été très favorables au développement des défenses naturelles de la plantes et à son métabolisme. Cela peut expliquer pourquoi les produits n'ont pas toujours montré une efficacité importante.

Nous avons cependant mis en évidence une caractéristique importante et commune aux produits étudiés : leur action systémique. En effet les jeunes feuilles formées après les traitements montrent une résistance face au mildiou qui peut s'expliquer par l'action systémique des produits. Cette propriété est d'autant plus importante qu'elle est absente chez le cuivre qui est un anti-fongique de contact.