

---

**CONTROLE DE *Plasmopara Viticola*,  
AGENT DU MILDIU DE LA VIGNE**

---

Marc CHOVELON et Audrey BARDON (Stagiaire)

## RÉSUMÉ

---

En agriculture biologique, le cuivre est le seul fongicide efficace pour lutter contre le mildiou de la vigne, *Plasmopara viticola*, néanmoins, il a un impact nocif sur l'environnement. En conséquence, la réglementation européenne CE 473/2002 limite son usage à 6kg/ha/an. Il est nécessaire de trouver des solutions plus respectueuses, tout en maintenant un niveau de protection suffisant dans le vignoble. Ainsi, la recherche de méthodes alternatives à l'utilisation du cuivre est devenue une priorité. Pour l'année 2011 et dans le cadre de cette recherche, le GRAB a mis en place un essai avec différents produits alternatifs, afin d'évaluer leur efficacité contre le mildiou. Ces produits auraient des propriétés d'éliciteurs, c'est-à-dire des stimulateurs des défenses naturelles (SDN). Les résultats de l'essai montrent que 3 produits alternatifs sur les 15 testés (Bourdaine, Prêle et Fructose couplés à du cuivre 100g/ha) sont aussi efficaces que le cuivre 600g/ha. En effet, ils sont significativement différents du témoin non traité, en fréquence et en intensité. Dans les années futures, il sera nécessaire de continuer les recherches d'alternatives au cuivre, afin de limiter les risques de pollution de l'environnement et d'atteinte à notre santé.

Mots-clés : Mildiou, Cuivre, Produits Alternatifs, Phytothérapie, Agriculture Biologique.

## 1 MATERIELS ET METHODES

---

### 1.1 Mise en place de l'expérimentation

#### 1.1.1 Lieu et caractéristiques climatiques

L'essai a été mise en place sous ombrière, à Avignon sur le site expérimental du GRAB, comme on peut le voir sur la figure 6. Avignon est une ville située dans la vallée du Rhône, elle est soumise au Mistral, vent sec venant du nord, et à un climat méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs. Ces particularités ne sont pas propices au développement du mildiou. L'ombrière permet de jouer un rôle de brise-vent, c'est-à-dire de minimiser l'impact du Mistral sur l'expérimentation. Elle laisse tout de même traverser la pluie, néanmoins lors de pluie violente, une partie de l'eau ruisselle sur l'ombrière, ce qui permet d'éviter un lessivage trop important des plants. L'ombrière possède également un système de brumisation, qui permet de favoriser le développement du mildiou après inoculation.

#### 1.1.2 Matériel végétal

L'essai est réalisé sur des plants de vigne, greffés-soudés. Les vignes ont été plantées dans des pots de 3 litres contenant du terreau et enrichies avec du guano, puis tuteurées. Au départ, l'expérimentation avait été prévue avec un seul cépage, Alphonse Lavallée, dont les pieds ont un an de pépinière, pour permettre une comparaison équitable entre les différentes modalités testées. Malencontreusement, la moitié des greffés-soudés n'ont pas débourrés, beaucoup d'entre eux ont "desséchés" pour des raisons inconnues. Le pépiniériste a donc fourni des pots de printemps, déjà débourrés. N'ayant plus la même variété en stock, il en a proposé une autre : le Muscat de Hambourg, dont le greffage date de cette année. L'essai passe alors à deux facteurs (modalités + cépages), ce qui permet de faire une comparaison des modalités entre les cépages.

- **Alphonse Lavallée** (clone 319) / 110 Richter (clone 152) : c'est un raisin de table noir, il possède deux caractéristiques intéressantes pour l'expérimentation : la première est d'être très sensible aux maladies cryptogamiques, et la seconde est de posséder de grandes feuilles, ce qui facilite les comptages. Le porte-greffe 110 Richter est connu pour sa résistance à la sécheresse.
- **Muscat de Hambourg** (clone 202) / 161-49 Couderc (clone 198) : c'est aussi un raisin de table noir. Il est également très sensible au mildiou, cependant il possède des feuilles plus petites qu'Alphonse Lavallée, et est moins vigoureux que celui-ci. Quant au porte-greffe 161-49 Couderc, il a comme caractéristique d'avoir une bonne résistance à la sécheresse.

### 1.1.3 Système d'arrosage

La vigne étant en pot, il est nécessaire de l'arroser régulièrement pour satisfaire ses besoins en eau. Un système d'arrosage muni de goutteurs a été installé lors de la mise en place de l'essai. Ce système de goutte-à-goutte, permet à l'eau d'arriver directement dans le pot au niveau des racines, sans mouiller le feuillage, afin d'éviter l'apparition et le développement des maladies cryptogamiques avant le début de l'essai. Les plants sont arrosés deux fois par jour : à 9h00 et à 12h00, pendant 15 minutes. Le goutte-à-goutte est arrêté lorsque l'essai commence, il est relayé par le système d'aspersion.

### 1.1.4 Inoculum

Pour l'inoculation, on réalise une suspension de spores de *Plasmopara viticola* dans de l'eau. Les spores proviennent d'une parcelle à proximité du GRAB, où le feuillage présente des taches de mildiou. Les feuilles sont ramassées quelques jours avant l'inoculation et disposées dans un tissu imprégné d'eau. Ensuite, elles sont placées dans une boîte plastique, permettant de garder une atmosphère humide et d'éviter l'évaporation d'eau. Cette boîte est conservée au laboratoire à une température constante et pas trop élevée, pour permettre la sporulation du mildiou.

La solution de spores est préparée, quant à elle, juste avant l'inoculation. À l'aide d'un pinceau imprégné d'eau, les taches sporulantes sont brossées sur la face inférieure des feuilles, où se situent les fructifications de *Plasmopara viticola*. On estime ensuite la quantité de spores recueillies, grâce à une cellule de Malassez. Pour cet essai, une solution de 600 ml a été réalisée, à une concentration estimée de  $2,7 \cdot 10^4$ , soit 27000 spores/ml. Cette suspension a été appliquée à l'aide d'un pulvérisateur manuel sur l'ensemble du dispositif, à raison de 3 sprays par pots : 1 spray équivalant à 1 ml de solution, soit 3 ml/cep. 81000 spores ont donc été déposées sur chaque plante.

### 1.1.5 Dispositif expérimental

L'essai a été mis en place selon un dispositif en blocs de 6 répétitions, soit 3 répétitions pour l'Alphonse Lavallée et 3 répétitions pour le Muscat de Hambourg. Dans chaque bloc, toutes les modalités sont représentées une fois, et sont randomisées, comme le montre la figure 1. Chaque unité expérimentale représente une modalité, qui est constituée de 2 ceps. Il y a 17 modalités, soit 34 pots/bloc, ce qui est égal à 102 plants de vigne pour chaque cépage, pour un total de 204 pots utilisés. Les pots ont été placés tous les 40 centimètres, sans écartement supplémentaires, ni plant de bordure entre les différentes unités expérimentales. Le dispositif de cette expérimentation a été engendré par le logiciel Statbox®, qui permet par la suite d'effectuer les tests statistiques.

Figure 1: Plan randomisé de l'essai

BLOC LIGNE	1	2	3	4	5	6
1	<b>101</b> Saule Ecorce Cu	<b>102</b> Fructose Cu	<b>103</b> Cu600	<b>104</b> Bourdaïne Cu	<b>105</b> Cu100	<b>106</b> Cu100
2	<b>201</b> Armoïse Cu	<b>202</b> Bourdaïne Cu	<b>203</b> Saule Ecorce Cu	<b>204</b> Saule Ecorce Cu	<b>205</b> Saule Feuille	<b>206</b> Armoïse
3	<b>301</b> Armoïse	<b>302</b> Bourdaïne	<b>303</b> TNT	<b>304</b> Cu600	<b>305</b> Prêle Cu	<b>306</b> Fructose Cu
4	<b>401</b> Saule Feuille Cu	<b>402</b> Saule Ecorce	<b>403</b> Armoïse Cu	<b>404</b> Cu100	<b>405</b> Armoïse	<b>406</b> Prêle Cu
5	<b>501</b> Prêle	<b>502</b> Saule Feuille Cu	<b>503</b> Bourdaïne Cu	<b>504</b> Saule Feuille Cu	<b>505</b> Armoïse Cu	<b>506</b> Prêle
6	<b>601</b> Fructose	<b>602</b> TNT	<b>603</b> Prêle	<b>604</b> Armoïse Cu	<b>605</b> Rhubarbe	<b>606</b> Bourdaïne Cu
7	<b>701</b> Saule Feuille	<b>702</b> Cu600	<b>703</b> Rhubarbe	<b>704</b> Prêle	<b>705</b> Bourdaïne Cu	<b>706</b> Rhubarbe Cu
8	<b>801</b> TNT	<b>802</b> Armoïse	<b>803</b> Bourdaïne	<b>804</b> Saule Feuille	<b>805</b> Saule Ecorce Cu	<b>806</b> Rhubarbe
9	<b>901</b> Saule Ecorce	<b>902</b> Prêle	<b>903</b> Prêle Cu	<b>904</b> Saule Ecorce	<b>905</b> Bourdaïne	<b>906</b> Bourdaïne
10	<b>1001</b> Fructose Cu	<b>1002</b> Fructose	<b>1003</b> Saule Feuille	<b>1004</b> Bourdaïne	<b>1005</b> Prêle	<b>1006</b> Saule Feuille Cu
11	<b>1101</b> Rhubarbe Cu	<b>1102</b> Cu100	<b>1103</b> Fructose	<b>1104</b> Rhubarbe Cu	<b>1105</b> Saule Feuille Cu	<b>1106</b> Saule Ecorce
12	<b>1201</b> Cu600	<b>1202</b> Prêle Cu	<b>1203</b> Saule Ecorce	<b>1204</b> Fructose Cu	<b>1205</b> Cu600	<b>1206</b> Saule Feuille
13	<b>1301</b> Rhubarbe	<b>1302</b> Rhubarbe Cu	<b>1303</b> Cu100	<b>1304</b> Fructose	<b>1305</b> Rhubarbe Cu	<b>1306</b> Saule Ecorce Cu
14	<b>1401</b> Prêle Cu	<b>1402</b> Rhubarbe	<b>1403</b> Saule Feuille Cu	<b>1404</b> Prêle Cu	<b>1405</b> Fructose	<b>1406</b> TNT
15	<b>1501</b> Cu100	<b>1502</b> Saule Feuille	<b>1503</b> Rhubarbe Cu	<b>1504</b> Armoïse	<b>1505</b> Fructose Cu	<b>1506</b> Armoïse Cu
16	<b>1601</b> Bourdaïne	<b>1602</b> Armoïse Cu	<b>1603</b> Armoïse	<b>1604</b> TNT	<b>1605</b> Saule Ecorce	<b>1606</b> Fructose
17	<b>1701</b> Bourdaïne Cu	<b>1702</b> Saule Ecorce Cu	<b>1703</b> Fructose Cu	<b>1704</b> Rhubarbe	<b>1705</b> TNT	<b>1706</b> Cu600

### 1.1.6 Modalités

Lors de cet essai, les modalités utilisées ne sont quasiment que d'origine végétale. En effet, cet essai est basé sur la phytothérapie, c'est-à-dire l'usage des plantes, inspiré par les traitements en viticulture biodynamique. Il y a également un sucre, le fructose, qui avait obtenu de bons résultats lors de l'essai précédent. Ces plantes ont été choisies en fonction des résultats d'études menés par divers organismes de recherche, concernant les éliciteurs les plus prometteurs. Il y a notamment l'Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB), qui coordonne le CASDAR 4P, projet portant sur la recherche d'alternatives à l'utilisation de pesticides, plus spécifiquement la phytothérapie. Il propose les produits suivants : des solutions hydro-alcooliques de prêle, d'armoise, de menthe poivrée et de saule. Il y a aussi l'Agroscope Changins-Wädenswil (ACW), qui obtient de très bons résultats *in vitro*, avec la racine de rhubarbe et l'écorce de bourdaine. Les modalités ont également été sélectionnées en fonction des résultats des essais du GRAB effectués les années précédentes. Ainsi, la menthe poivrée, dont les résultats n'ont pas été convaincants lors des essais précédents, a été écartée de l'expérimentation pour l'année 2011.

Les modalités testées cette année, sont :

- **Témoin Non Traité**

Il permet d'évaluer l'efficacité des produits testés par rapport à une absence de traitement, ainsi que d'apprécier la pression de mildiou dans l'essai expérimental.

- **Cuivre**

Les modalités Cuivre servent de référence à l'expérimentation, car il s'agit de la stratégie habituellement préconisée par les services techniques et suivie par la majorité des viticulteurs. De plus, c'est le seul produit permettant la maîtrise de *Plasmopara viticola* tout au long de la période végétative, il devrait donc figurer parmi les modalités les plus efficaces. La dose est à ajuster en fonction des conditions météorologiques et du stade phénologique, en cas de risque fort ou faible de contamination. Pour cet essai, deux références cuivre ont été choisies : 100 g/ha et 600 g/ha.

- **Saule** (*Salix alba*)

L'écorce est la partie de saule qui contient le plus d'acide salicylique, allant jusqu'à 11 % selon les espèces. Les extraits d'écorce de saule sont également composés de flavonoïdes et d'acides caféiques. L'acide salicylique serait impliqué dans les mécanismes de résistance aux agents pathogènes et participerait au processus de résistance systémique acquise de la plante (Bertrand, 2009). Dans cet essai, nous utilisons deux modalités d'extraits de saule : la première à base d'écorce et la seconde à base de feuilles.

- **Prêle** (*Equisetum arvense*)

Cette plante posséderait des propriétés antifongiques et renforcerait les défenses naturelles des autres végétaux grâce à sa forte teneur en silicium, 5 à 10 % de la matière sèche selon les espèces. Les extraits de prêle sont également riches en composés phénoliques, tels que les flavonoïdes et les dérivés d'acides caféiques (Bertrand, 2009). Ces dernières augmenteraient la résistance de la plante face aux maladies cryptogamiques, en inhibant la stilbène oxydase, enzyme permettant au champignon d'oxyder les stilbènes, tel que le resvératrol, composés synthétisés par la plante pour se défendre (Goetz *et al*, 1999).

- **Armoise** (*Artemisia vulgaris*)

L'armoise aurait des propriétés d'agent de lutte contre les ravageurs, notamment le puceron vert sur pommiers (Ondet, 2007). Il serait intéressant de savoir, si cette plante a également des propriétés contre les maladies cryptogamiques, plus particulièrement le mildiou. Aucune expérimentation n'a encore été réalisée sur vigne avec de l'Armoise, contre *Plasmopara viticola*.

- **Bourdaine** (*Frangula alnus*)

La bourdaine induirait la synthèse de stilbènes de manière significative, grâce à sa richesse en anthraquinones, contenues principalement dans son écorce. La bourdaine stimulerait la vigne uniquement en cas d'attaque du pathogène. En effet, l'extrait de bourdaine aurait un effet de "priming" sur les mécanismes de défense naturelle de la vigne, ce qui signifie que l'activation de ces mécanismes ne se produit qu'en cas

d'infection par le mildiou (Gindro *et al*, 2007). Les extraits de bourdaine ont été réalisés à partir de poudre d'écorce.

- **Rhubarbe** (*Rheum officinale*)

Tout comme l'écorce de bourdaine, la racine de rhubarbe est riche en anthraquinones. Pourtant contrairement à elle, la rhubarbe n'aurait pas d'effet de "priming", puisqu'elle stimulerait la plante dès son application, cependant elle resterait tout aussi efficace que la bourdaine. L'application de ces extraits sur le feuillage de vignes sensibles à *Plasmopara viticola*, augmenterait la synthèse des stilbènes et inhiberait ainsi le développement du pathogène (Gindro *et al*, 2007). Cette modalité est réalisée à partir de racine de rhubarbe séchée.

- **Fructose**

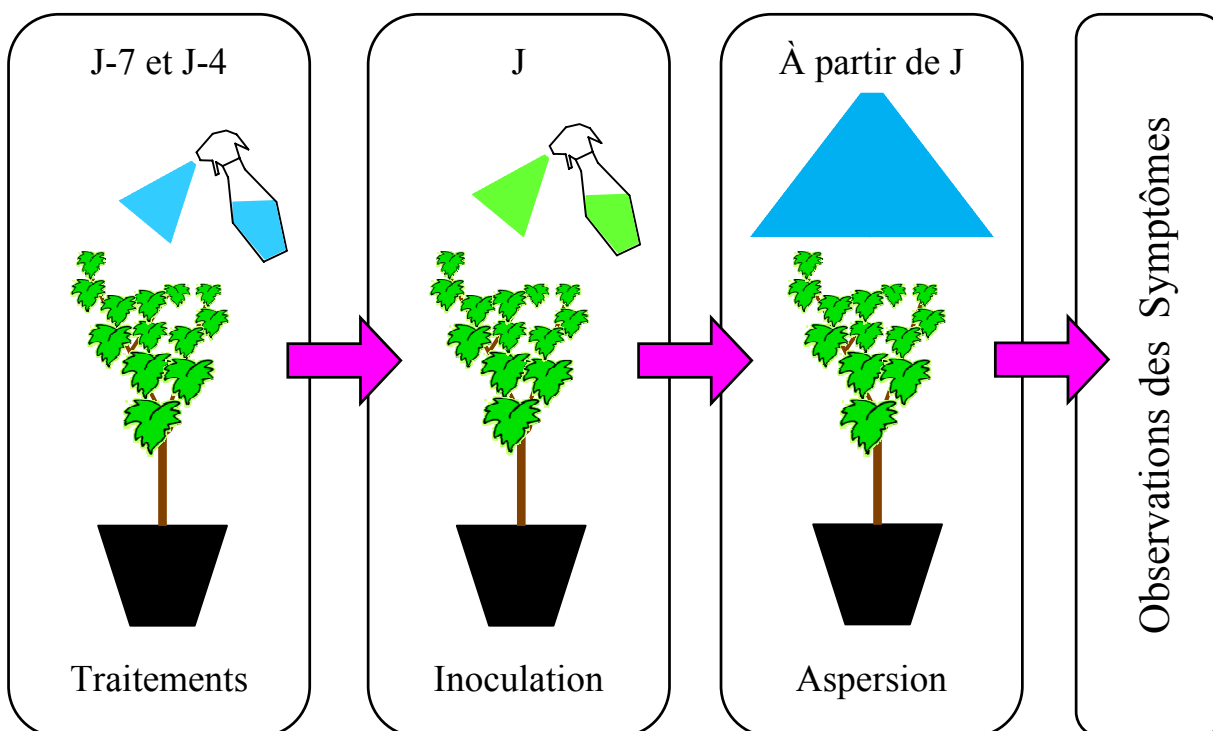
Le fructose pénétrerait plus facilement dans les feuilles que les autres produits alternatifs, car la plante en contient naturellement. Le fructose aurait une certaine efficacité contre les maladies cryptogamiques et d'autres ravageurs, grâce à des propriétés élicitrices, et cela à de faibles concentrations (Derridj, 2010).

## 1.2 Déroulement de l'expérimentation

### 1.2.1 Durée de l'essai

L'essai expérimental a duré à peu près 3 semaines, à partir de l'inoculation, du 28 juin au 15 juillet 2011. Sur la figure 2, on peut observer le déroulement de l'expérimentation.

Figure 2 : Schéma du déroulement de l'essai



### 1.2.2 Réalisation des traitements

Le traitement au fructose a été effectué le 21 juin à 9h00, J-7 avant l'inoculation. Les autres traitements ont été effectués le 24 juin à 9h00, J-4 avant inoculation. Les dates de traitement ont été choisies en fonction des préconisations citées dans la littérature (Chovelon, 2006 ; Derridj, 2010). Les doses appliquées sont répertoriées dans le tableau ci-dessous. Il est à noter que chaque produit est testé sans et avec une faible dose de cuivre.

Modalités	Solutions utilisées	
	Composition	Concentration
<b>TNT</b>	Témoin Non Traité	-
Cu600	Champ DP 37,5 %	600g/ha (1,596g/L)
Cu100	Champ DP 37,5 %	100g/ha (0,266 g/L)
Saule Ecorce	Extrait hydro-alcoolique d'écorce de Saule	7 ml/L
Saule Ecorce Cu	Extrait hydro-alcoolique d'écorce de Saule + Faible dose de Cuivre	7 ml/L + 100g Cu/ha
Saule Feuille	Extrait hydro-alcoolique de feuilles de Saule	7 ml/L
Saule Feuille Cu	Extrait hydro-alcoolique de feuilles de Saule + Faible dose de Cuivre	7 ml/L + 100g Cu/ha
Prêle	Extrait hydro-alcoolique de Prêle	7 ml/L
Prêle Cu	Extrait hydro-alcoolique de Prêle + Faible dose de Cuivre	7 ml/L + 100g Cu/ha
Armoise	Extrait hydro-alcoolique d'Armoise	7 ml/L
Armoise Cu	Extrait hydro-alcoolique d'Armoise + Faible dose de Cuivre	7 ml/L + 100g Cu/ha
Bourdain*	Poudre d'écorce de Bourdain 1%	10 g/L
Bourdain Cu*	Poudre d'écorce de Bourdain 1% + Faible dose de Cuivre	10 g/L + 100g Cu/ha
Rhubarbe*	Poudre de racines de Rhubarbe séchées 1%	10g/L
Rhubarbe Cu*	Poudre de racines de Rhubarbe séchées 1% + Faible dose de Cuivre	10g/L + 100g Cu/ha
Fructose	Fructose	100 ppm
Fructose Cu	Fructose + Faible dose de Cuivre	100 ppm + 100g Cu/ha

\* : Pour ces modalités, un mouillant a été ajouté à la préparation : Heliosol® à une dose de 5 g/L, soit 0,5%. À base d'huile de pin, il permet d'augmenter la rétention et le pouvoir mouillant des bouillies de traitement.

Les traitements sont effectués à l'aide d'un vaporisateur manuel, pouvant contenir jusqu'à 1 litre de solution. Les plants sont traités jusqu'au point de ruissellement. La pulvérisation se fait sur tout le cep et sur les deux faces des feuilles, en essayant d'atteindre le plus possible la face inférieure. Les traitements ne sont réalisés qu'une seule fois, il n'y a pas de répétition, puisque le but de l'essai est uniquement de prouver l'efficacité des produits alternatifs.

### 1.2.3 Inoculation

L'inoculation a été effectuée le 28 juin à 7h30, en début de matinée, au moment le plus frais de la journée. Immédiatement après celle-ci, le système d'aspersion est déclenché sous l'ombrière, pour assurer le développement de la maladie. Tout au long de l'essai, l'aspersion a lieu pendant 5 minutes, toutes les 45 minutes. Il est à noter que la réalisation des traitements et de l'inoculum est effectuée avec de l'eau de forage, car elle ne contient pas de chlore, contrairement à l'eau du robinet. En effet, le chlore pourrait influencer les résultats de l'essai, car il possède des propriétés de désinfectant.

### 1.2.4 Observations et notations

Les observations commencent dès l'apparition de taches de mildiou, puis elles sont effectuées tous les 2 ou 3 jours, pour l'ensemble des modalités. Pour chaque cep, le nombre de feuilles attaquées est noté sur 5 feuilles observées, soit 10 feuilles par unité expérimentale. Ensuite pour chacune de ces feuilles, le pourcentage de la surface foliaire attaquée par le mildiou est évalué et reporté sur la grille de notation. Il y a eu 6 comptages : 4 juillet, 6 juillet, 8 juillet, 11 juillet, 13 juillet et le 15 juillet.

## 1.3 Mesures et traitement des données

### 1.3.1 Fréquence d'attaque

La fréquence d'attaque correspond au pourcentage de feuilles contaminées. Elle est calculée à partir des notations faites lors de l'essai. C'est le rapport entre le nombre de feuilles contaminées et le nombre total de feuilles observées.

### 1.3.2 Intensité d'attaque

L'intensité d'attaque représente quant à elle, le pourcentage de surface moyenne contaminée. Pour chaque feuille observée, on estime la surface de feuille attaquée, par rapport à la surface totale.

### 1.3.3 AUDPC

Par la suite, les courbes de fréquence et d'intensité d'attaque, en fonction du temps, sont tracées pour chaque modalité. À partir de ces courbes, l'AUDPC (Area Under Disease Progression Curve), aire située sous la courbe d'attaque du mildiou, est calculée. Ainsi, plus l'aire est grande, plus l'attaque est importante et moins le produit est efficace.

### 1.3.4 Analyses statistiques

Afin de déterminer la significativité des résultats obtenus, différentes analyses statistiques sont réalisées sous le logiciel StatBox®.

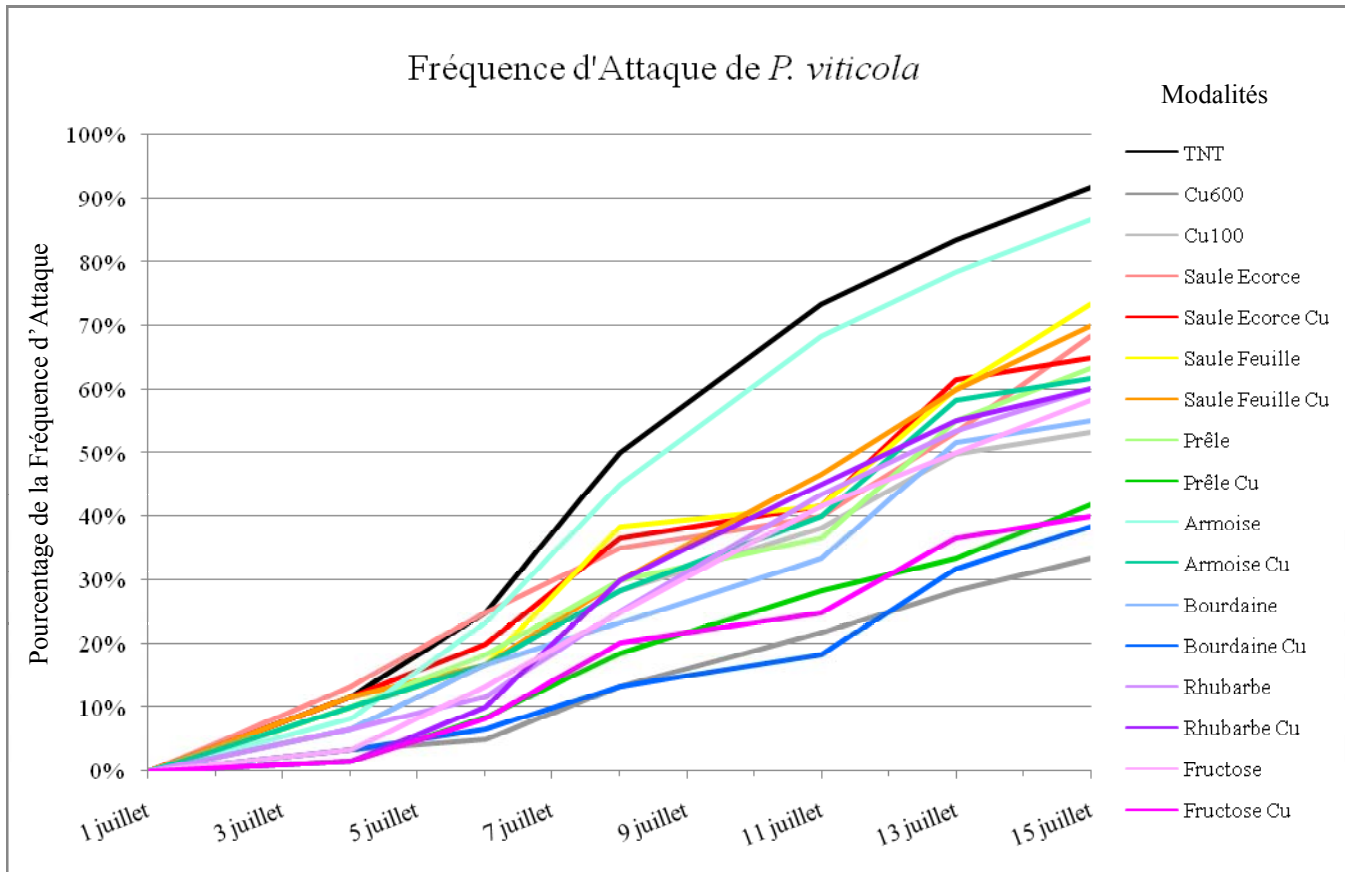
- **ANOVA** (ou Analyse de Variance) : permet de tester et de comparer les différences significatives entre les moyennes des modalités. Seuls les échantillons suivant une loi normale et possédant plus de 2 échantillons, peuvent faire l'objet d'une analyse de variance paramétrique.
- **Test de Newman-Keuls** (à un seuil de 5%) : effectué après l'ANOVA, il permet de réaliser des groupes de moyennes, uniquement si ils sont considérés comme significativement différents.
- **Test de sphéricité de Bartlett** (à un seuil de 5%) : permet de déterminer la corrélation entre deux groupes de variables, utilisé ici pour la fréquence et l'intensité d'attaque.
- **Test T de Student** (à un seuil de 5%) : permet de tester la significativité entre deux moyennes différentes.



## 2 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### 2.1 Fréquence d'attaque

Graphique de la Fréquence d'Attaque de *P. viticola* (pour 10 feuilles observées)



D'après le graphique ci-dessus, on observe que les courbes de fréquence d'attaque augmentent assez régulièrement, ce qui montre que l'attaque est continue et constante tout au long de l'essai. Au 1<sup>er</sup> juillet, toutes les modalités sont à 0%, puisque les spores de mildiou n'ont pas eu le temps de se développer depuis l'inoculation, soit depuis le 28 juillet.

Entre le 1<sup>er</sup> et le 6 juillet, il n'y a pas de différences notables entre les modalités, qui varient entre 5 et 25%. Du 6 au 8 juillet, on s'aperçoit que les courbes commencent à se démarquer les unes des autres, puisqu'elles s'étalent à ce moment là entre 13 et 50%. On remarque également qu'entre ces deux dates, la fréquence d'attaque a doublé pour toutes les modalités, en passant de 5 à 13% pour Cu600, modalité la moins touchée, et de 25 à 50% pour le TNT, modalité la plus touchée par *Plasmopara viticola*.

A partir du 8 juillet, on remarque l'apparition de groupes de courbes. On discerne surtout l'apparition du premier groupe, celui du TNT et de l'Armoise, qui ont une fréquence d'attaque beaucoup plus importante que le reste des modalités. En effet, au 11 juillet il y a une différence d'environ 21 points, entre l'Armoise et le Saule Feuille Cu, troisième modalité la plus touchée de l'essai.

C'est entre le 11 et 15 juillet, que l'on distingue le mieux les 3 groupes de courbes :

- 1<sup>er</sup> groupe : TNT et Armoise
- 2<sup>ème</sup> groupe : Cu100, Bourdaine, Prêle, Fructose, Saule Feuille, Saule Feuille Cu, Saule Ecorce, Saule Ecorce Cu, Armoise Cu, Rhubarbe et Rhubarbe Cu
- 3<sup>ème</sup> groupe : Cu600, Bourdaine Cu, Prêle Cu et Fructose Cu.

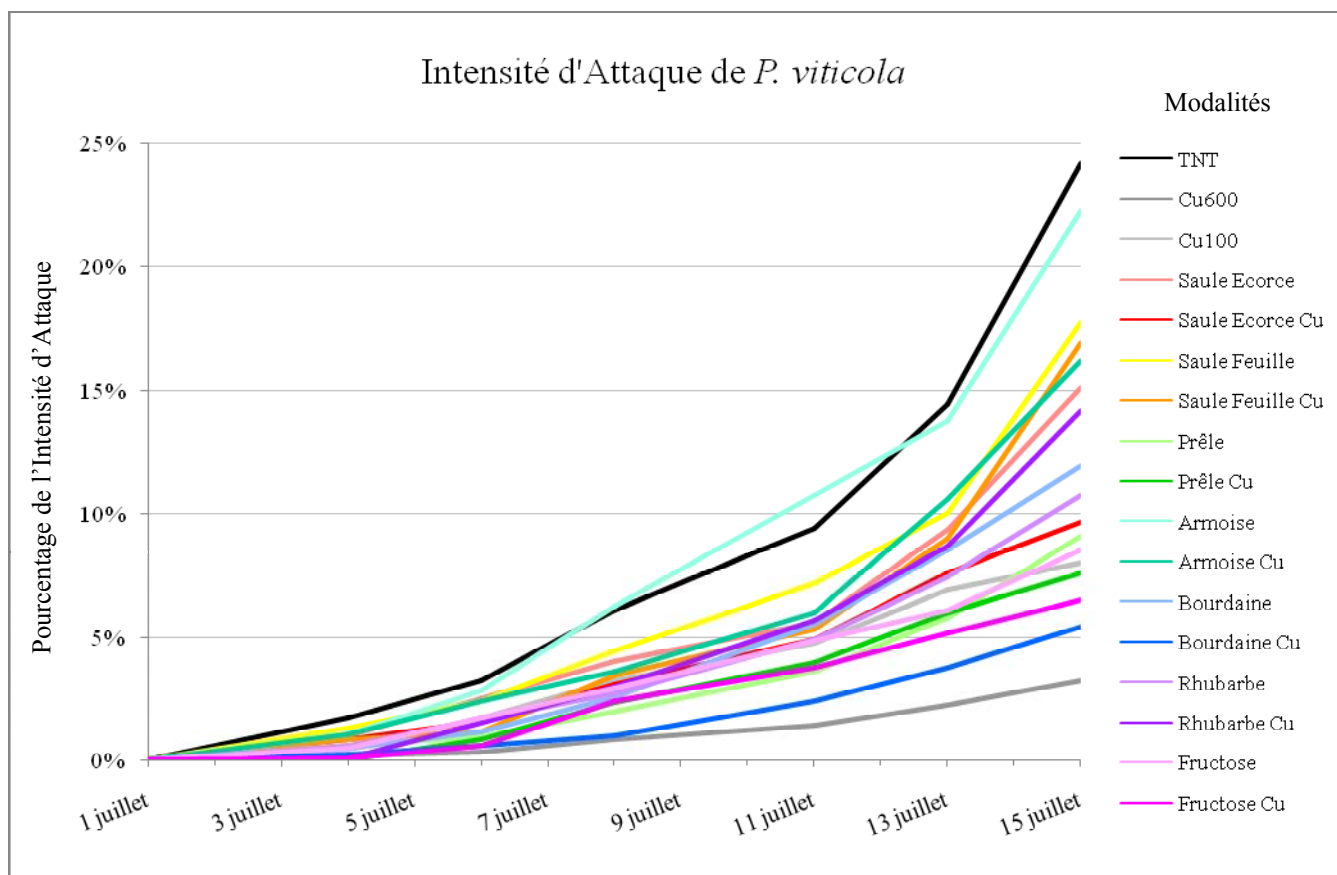


Au 15 juillet, on se rend compte de l'importante différence entre le premier et le troisième groupe. En effet, les modalités varient entre 33 et 92%, soit une différence de 59 points, entre la modalité la plus touchée (le témoin non traité) et la modalité la moins touchée (le Cu600).

A la fin de l'essai, les fréquences d'attaque varient de 87 à 92% pour le premier groupe, de 53 à 73% pour le second groupe, et de 33 à 42% pour le dernier groupe. Il y a 14 points de différence entre le premier et le deuxième groupe, tandis que 11 points séparent le second et le troisième groupe.

## 2.2 Intensité d'attaque

Graphique de l'Intensité d'Attaque de *P. viticola* (pour 10 feuilles observées)



Sur le graphique ci-dessus, on se rend compte que l'intensité d'attaque s'accroît au fur et à mesure de l'essai. En effet, du 1 au 6 juillet l'intensité est basse, du 6 au 11 le mildiou se propage plus rapidement, et du 11 au 15 l'intensité est encore plus marquée. Cela prouve que les taches insignifiantes de *Plasmopara viticola* du début de l'essai, s'étalent et arrivent à contaminer une partie, voire la quasi-totalité du feuillage, en ayant un accroissement exponentiel.

Au 1<sup>er</sup> juillet, comme pour la fréquence d'attaque, le mildiou ne s'est pas encore développé. Du 1<sup>er</sup> au 6 juillet, il n'y a aucune différence entre les modalités, elles sont comprises entre 0,5 et 3%. Entre le 6 et le 11 juillet, les courbes se distancent et on s'aperçoit que 4 modalités se détachent de toutes les autres : TNT, Armoise, Bourdaine Cu et Cu600. Pour le TNT et l'Armoise, les intensités d'attaque s'accroissent plus rapidement que le reste des modalités (9 et 11%), alors que les intensités d'attaque du Cu600 et de la Bourdaine Cu sont plus basses que toutes les autres modalités, avec respectivement 1 et 2%.

A partir du 11 juillet, on remarque que les courbes des modalités s'étalent de plus en plus et pour certaines, l'amplification est encore plus forte. C'est notamment le cas pour le TNT, l'Armoise, le Saule Feuille, le Saule Feuille Cu, le Saule Ecorce, le Saule Ecorce Cu et la Rhubarbe Cu. Pour les autres, l'intensité d'attaque reste assez modérée.

Sur le graphique, 3 groupes semblent se distinguer :

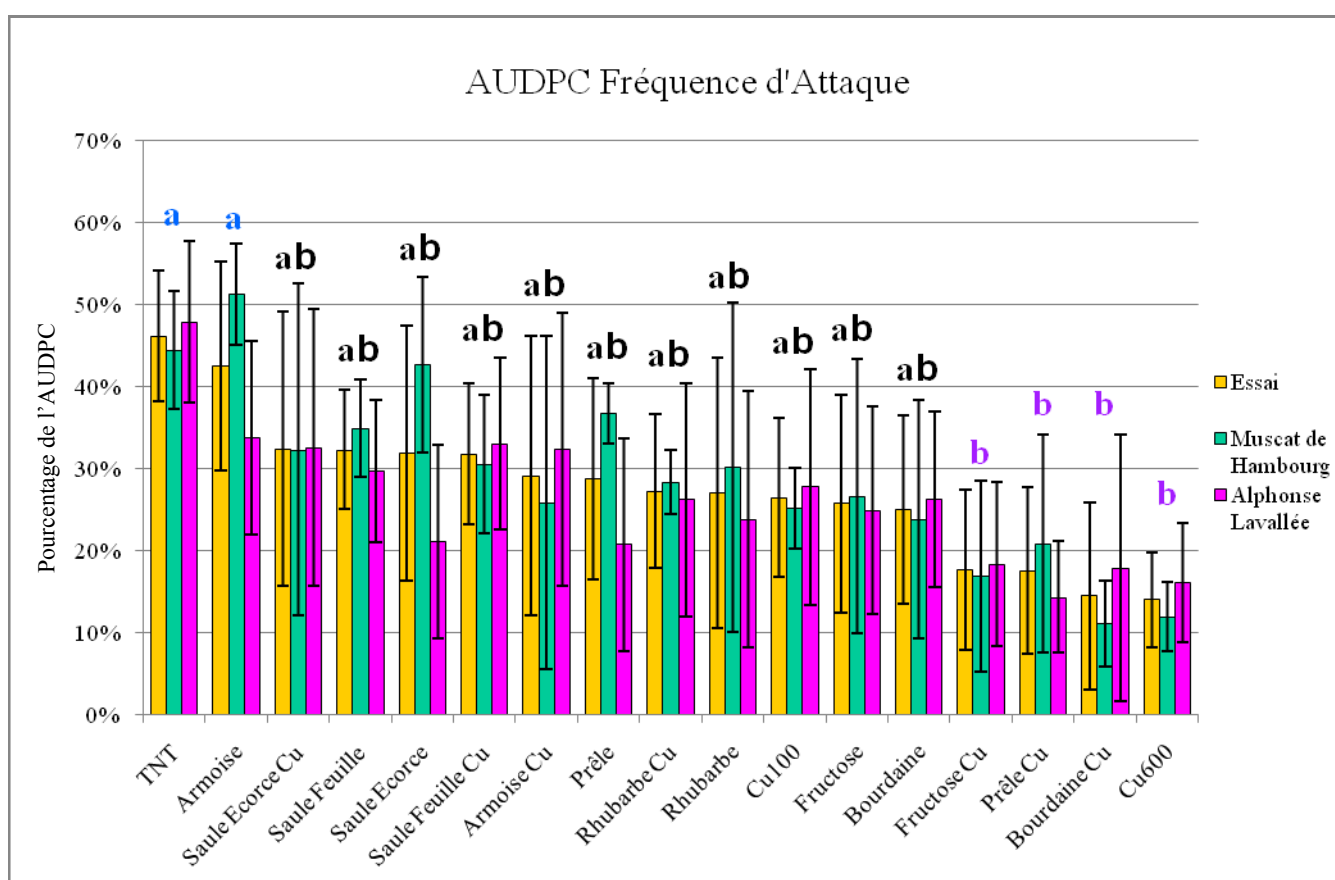
- 1<sup>er</sup> groupe : TNT et Armoise
- 2<sup>ème</sup> groupe : Cu100, Bourdaine, Prêle, Prêle Cu, Fructose, Fructose Cu, Saule Feuille, Saule Feuille Cu, Saule Ecorce, Saule Ecorce Cu, Armoise Cu, Rhubarbe et Rhubarbe Cu
- 3<sup>ème</sup> groupe : Cu600 et Bourdaine Cu.

Au 15 juillet, les courbes d'intensité d'attaque varient de 3% pour le Cu600, jusqu'à 24% pour le témoin non traité, soit une différence de 21 points. Les intensités d'attaque varient pour le premier groupe de 22 à 24%, pour le second groupe de 7 à 18% et pour le troisième groupe de 3% à 5,5%. Il y a 4 points de différence entre le premier et le deuxième groupe, et 1,5 point de différence entre le second et le dernier groupe.

Pour l'intensité d'attaque, on s'aperçoit que les écarts entre les courbes sont beaucoup moins importants que pour la fréquence d'attaque, il est donc moins facile d'arriver à distinguer les groupes.

### 2.3 AUDPC Fréquence d'attaque

Graphique de l'AUDPC de la Fréquence d'Attaque de *P. viticola*



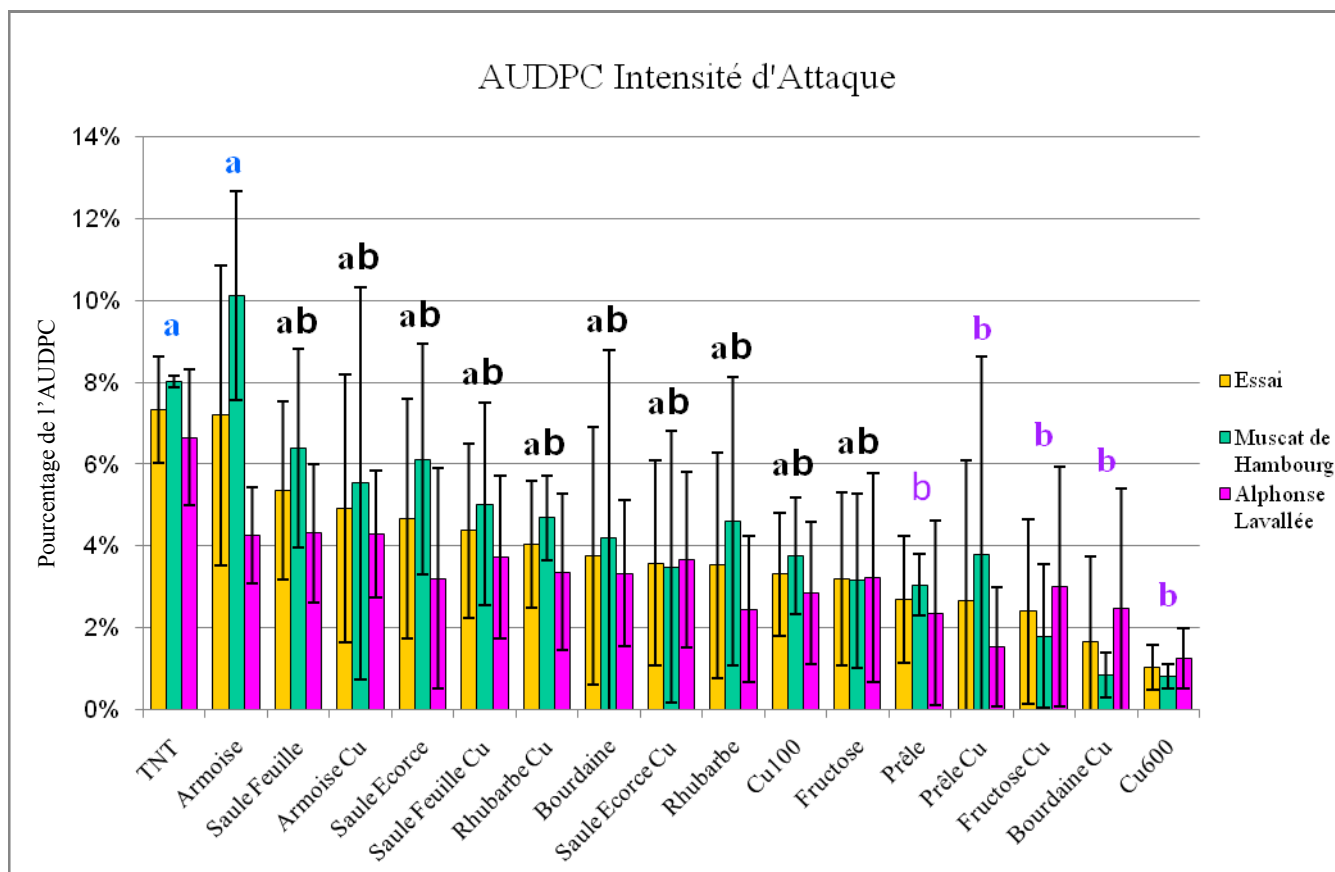
D'après le graphique ci-dessus, qui présente les résultats de l'AUPDC des fréquences d'attaque, l'Armoise et le TNT possèdent les aires les plus grandes, avec respectivement 46 et 42%, ce sont donc les modalités les moins efficaces. Tandis que les produits les plus efficaces sont le Cu600 (14%), la Bourdaine Cu (14%), la Prêle Cu (18%) et le Fructose Cu (18%), car ils possèdent les aires les plus petites. En effectuant le test de Newman-Keuls, on se rend compte qu'il y a deux groupes, notés a ou b (ab pour les modalités faisant partie des deux groupes). Cette analyse statistique prouve que le TNT et l'Armoise sont significativement différents de Cu600, Bourdaine Cu, Fructose Cu et Prêle Cu. Visuellement, le Cu600 et la Bourdaine Cu semblent être les moins touchés. Tandis que l'Armoise semble plus touchée que le témoin non traité.

### Différences entre cépages

Pour permettre la comparaison entre les deux cépages, les graphiques de l'AUDPC fréquence et intensité d'attaque ont été tracés pour chaque cépage. Cela permet de comparer les éventuelles différences qu'il pourrait y avoir. Sur la figure 11, on remarque que pour l'AUDPC de la fréquence d'attaque, il y a des différences entre les deux cépages sur : le Saule Ecorce, la Prêle et l'Armoise. Cependant, il n'y a aucune différence significative entre les cépages, d'après le test T de Student.

### 2.4 AUDPC Intensité d'attaque

Graphique de l'AUDPC de l'Intensité d'Attaque de *P. viticola*



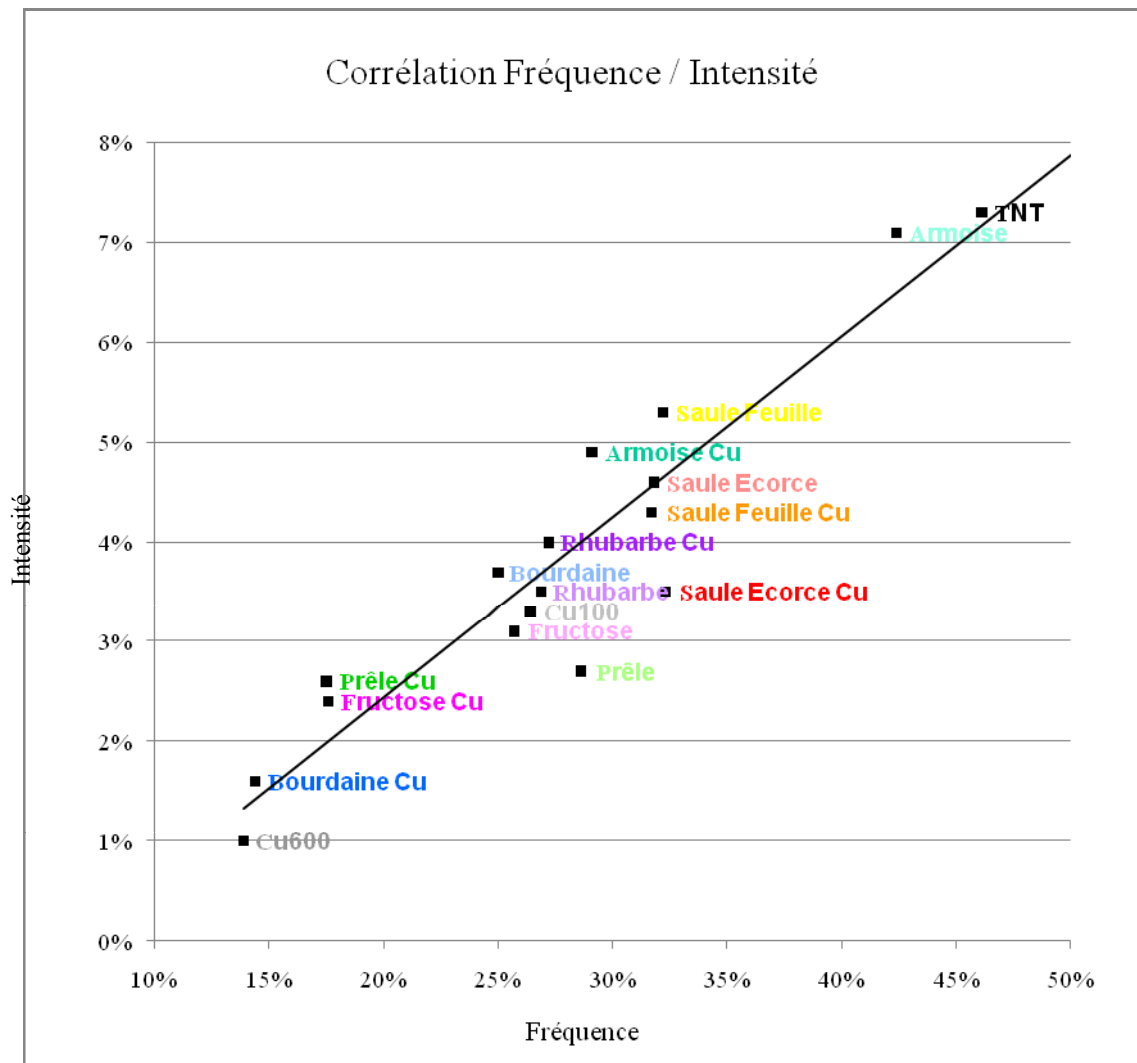
Comme on peut le voir sur le graphique ci-dessus, les produits qui possèdent la plus petite aire sont Cu600 (1%), Prêle (3%), Prêle Cu (3%), Bourdaine Cu (1,5%) et le Fructose Cu (2,5%). Ce sont donc les modalités les plus efficaces. Alors que le Cu600 et l'Armoise sont les produits les moins efficaces, tous les deux avec 7,5%. Grâce au test de Newman-Keuls, on s'aperçoit qu'il y a 2 groupes, notés a ou b (ab pour les modalités faisant partie des deux groupes). De plus, les mêmes modalités se situent dans les mêmes groupes que pour l'AUDPC Fréquence d'Attaque. Unique différence, la Prêle passe du groupe ab, en fréquence d'attaque, au groupe b, en intensité. Elle devient donc significativement différente du témoin non traité.

### Différences entre cépages

Sur le graphique de l'AUDPC Intensité d'attaque, on remarque qu'il n'y a pas vraiment de différences entre les cépages, pour chaque modalité, sauf pour l'Armoise, où il existe une différence de 2 points entre la barre d'erreur du muscat de Hambourg et celle de l'Alphonse Lavallée. Cela se confirme avec le test statistique de Student, qui révèle une différence significative entre les deux cépages. Dans le cas du muscat de Hambourg, l'Armoise est encore plus attaquée que le témoin non traité, alors que pour l'Alphonse Lavallée, l'Armoise passe dans le groupe ab.

## 2.5 Relation Fréquence / Intensité

Graphique de la corrélation entre la fréquence et l'intensité d'attaque



Comme on peut le constater sur le graphique ci-dessus, il y a une correspondance entre la fréquence et l'intensité d'attaque du mildiou sur l'essai. Pour savoir si cette relation est significative, il est nécessaire d'effectuer un test de corrélation. D'après le test statistique de sphéricité de Bartlett à un seuil de 5%, effectué grâce au logiciel Statbox®, on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre la fréquence et l'intensité. Autrement dit, la corrélation est significative. Ce test prouve que la liaison entre la fréquence et l'intensité d'attaque est proportionnelle. C'est-à-dire que pour l'ensemble de l'essai, plus on a de feuilles attaquées, plus la surface foliaire touchée par *Plasmopara viticola* est grande, et inversement. En effet, le TNT et l'Armoise sont les deux modalités les plus touchées par le mildiou en termes de fréquence, mais également en termes d'intensité. Il en est de même pour le Cu600, la Bourdain Cu, le Fructose Cu et la Prêle Cu, qui sont les modalités les moins touchées, que ce soit en fréquence ou en intensité.

## 2.6 Hétérogénéités du dispositif pouvant influencer les résultats

Certains paramètres ont pu influencer les résultats de l'essai :

- **Proximité des pots**

Sachant que les pots ont été placés tous les 40 centimètres, certains rameaux se sont retrouvés mêlés à des rameaux de la modalité voisine. Cela a certainement eu une conséquence sur la propagation de la maladie de proche en proche et ainsi pu fausser l'interprétation des résultats.

- **Notation Jeunes feuilles / Vieilles feuilles**

Il est important de signaler que, lors de la notation, la distinction entre les jeunes feuilles et les vieilles feuilles n'a pas été prise en compte. Les vieilles feuilles ont été traitées, elles sont "protégées" et moins attaquées. Au contraire, les jeunes feuilles qui sont apparues après le traitement, sont plus sensibles et développent beaucoup plus facilement la maladie. Il y a donc une différence d'attaque entre ces deux types de feuilles.

- **Filtration de solutions**

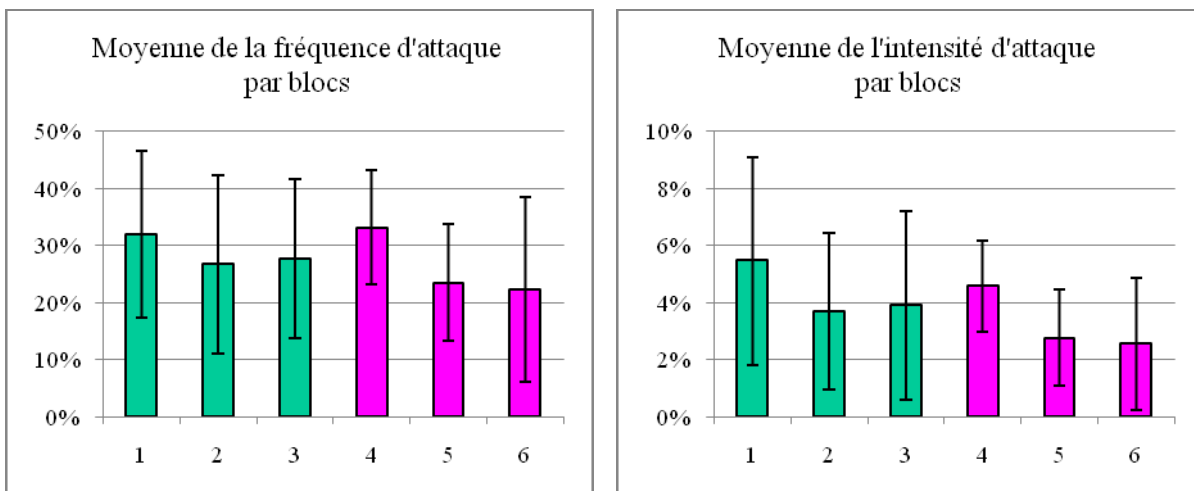
Le broyage de l'écorce de bourdaine, ainsi que de la racine de rhubarbe a été effectué par nos soins. Cependant, les morceaux étaient d'une taille trop importante pour passer dans le pulvérisateur. Il a alors été nécessaire de filtrer ces modalités. En conséquence, une partie de la bourdaine, de la rhubarbe et du cuivre est restée dans le filtre. Les solutions de ces quatre modalités ont donc été moins concentrées. Néanmoins, malgré cette filtration, ces modalités restent quand même efficaces, tout particulièrement la Bourdaine.

- **Utilisation d'un mouillant**

Un mouillant a été appliqué aux deux modalités de la Rhubarbe et aux deux modalités de la Bourdaine. Cela pourrait expliquer une meilleure efficacité pour la rhubarbe et la bourdaine, par rapport aux autres modalités. Il aurait peut être été nécessaire de mettre ce mouillant dans toutes les modalités.

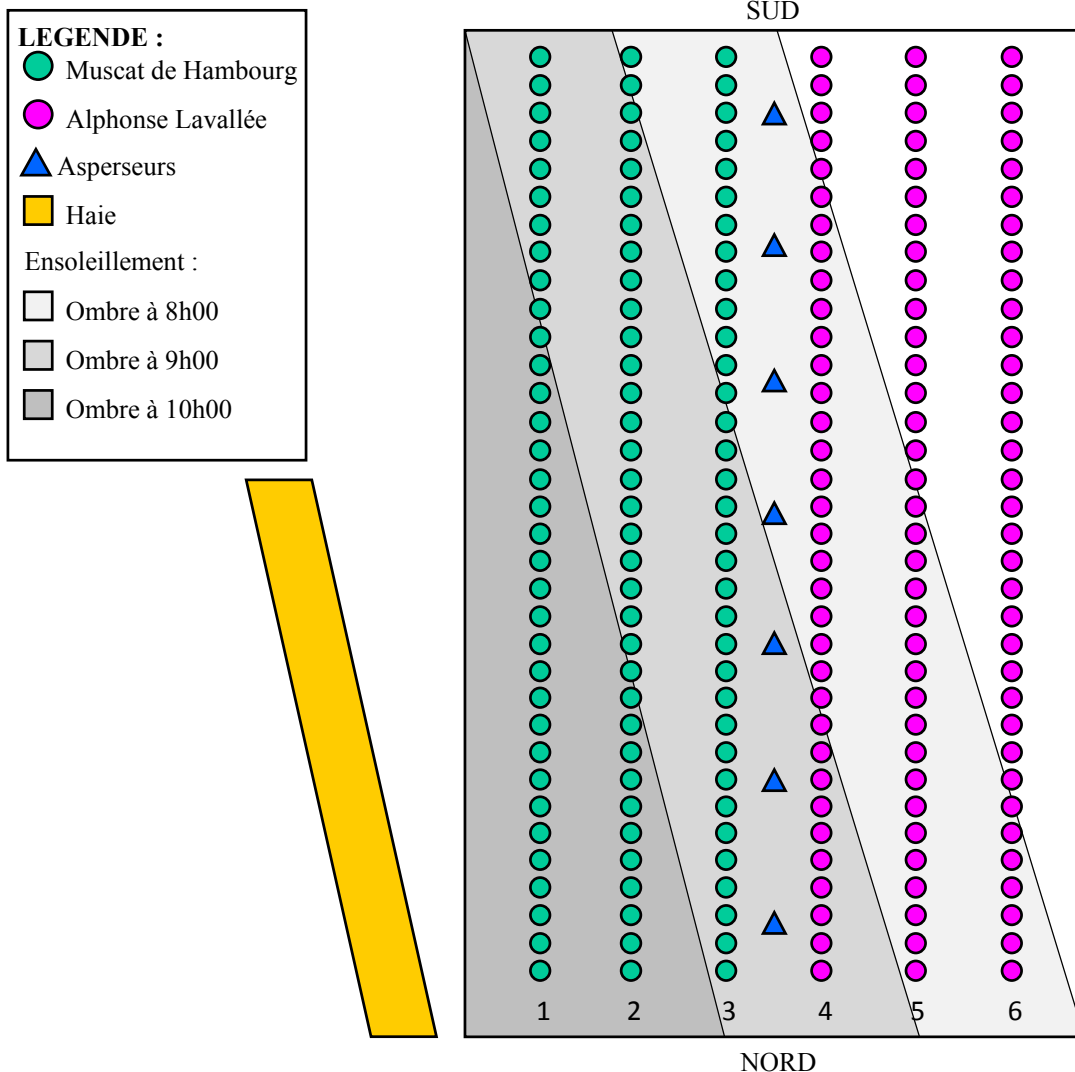
- **Ensoleillement**

Graphiques des moyennes de fréquence et d'intensité d'attaque par blocs



En observant les graphiques ci-dessus, on s'aperçoit que les 3 premiers blocs (Muscat de Hambourg) semblent être plus touchés que les 3 derniers blocs (Alphonse Lavallée). Bien sûr, il n'y a aucune différence significative entre les blocs, cependant visuellement on observe des différences. Ces variations pourraient s'expliquer par le fait qu'une partie de l'essai était à l'ombre le matin (cf le schéma de l'essai ci-dessous), étant donné qu'il y a une haie située à l'Est de l'essai, le feuillage y est donc plus frais et plus humide le matin.

## Schéma de l'essai



- **Système d'aspersion**

Ce système ne permet pas un arrosage homogène sur tout l'essai. En effet, les pots situés en-dessous de la ligne d'aspenseurs captent plus d'eau que les autres. De plus, il est assez difficile de trouver un compromis entre le lessivage des produits sur les faces les plus exposées et les aspersion suffisamment longues pour le bon développement de la maladie. Ainsi, les blocs du milieu, 3 et 4, reçoivent une plus grande quantité d'eau que ceux situés aux extrémités du dispositif, à savoir 1 et 6 (Voir schéma de l'essai ci-dessus). Ce qui pourrait expliquer en partie, le fait que le bloc 4 est atteint d'une plus grande intensité et fréquence d'attaque, que les blocs 5 et 6.

- **Âge des plants**

Il est aussi important de rappeler que l'âge des plants n'est pas le même pour les deux cépages. Les greffés-soudés d'Alphonse Lavallée ont un an de pépinière, alors que les Muscat de Hambourg sont des pots de printemps de cette année.

- **Tuteurage**

Le tuteurage a été effectué dans chaque pot, cependant il n'a pas été réalisé systématiquement pour chaque sarment. Par conséquent, une partie des sarments a poussé contre le tuteur, et une autre a poussé vers le sol. Or, le port peut avoir une incidence sur le développement de *Plasmopara viticola*, puisque le sol est humide, voire mouillé, et qu'il peut y avoir des éclaboussures sur les sarments les plus proches. Un rameau situé en hauteur sera donc moins facilement atteint par le mildiou, contrairement à un sarment trainant par terre. La disposition des sarments pourrait ainsi expliquer l'amplitude des écarts-types, c'est-à-dire la contamination plus ou moins importante d'un plant à un autre, au sein d'une même modalité.

## 2.7 Interprétation des résultats

Cette année, malgré la chaleur et la faible pluviosité, le mildiou s'est relativement bien développé sur l'essai. En effet, la fréquence d'attaque atteint 92% et l'intensité d'attaque 24%. De plus, les résultats obtenus sont significatifs, contrairement aux essais menés les années précédentes.

Concernant ces résultats, le témoin non traité est la modalité la plus touchée, et donc la plus vulnérable face à *Plasmopara viticola*. Quant au Cuivre 600g/ha, il reste assurément le produit le plus efficace face au mildiou.

Aussi, quatre produits seulement se démarquent du témoin non traité, à savoir le Fructose Cu, la Prêle Cu, la Bourdaine Cu et le Cu600. On peut en déduire que, seuls les produits combinés à du cuivre 100g/ha peuvent rivaliser avec le cuivre 600g/ha, étant donné qu'aucun produit "seul" n'atteint une efficacité suffisante et statistiquement significative du témoin non traité, à l'exception de la prêle en ce qui concerne l'intensité d'attaque.

Les résultats des autres modalités ne sont pas statistiquement différents de ceux du témoin non traité. Toutes ces modalités ont donc la même efficacité face à *Plasmopara viticola*. Cependant visuellement, on distingue une différence certaine entre le témoin non traité et les 11 autres modalités, à savoir : Saule Feuille, Saule Feuille Cu, Saule Ecorce, Saule Ecorce Cu, Prêle, Armoise Cu, Rhubarbe, Rhubarbe Cu, Fructose, Bourdaine et Cu100.

Dans l'ensemble, les modalités associées à une faible dose de cuivre sont tout aussi efficaces, voire plus efficaces que les modalités testées sans ajout de cuivre. La Bourdaine Cu, la Prêle Cu et le Fructose Cu sont plus efficaces que le Cu100 tout seul. De plus, ils sont aussi efficaces que le Cu600, que se soit en termes de fréquence ou d'intensité d'attaque. Pour le Saule Feuille, le Saule Ecorce et la Rhubarbe, le cuivre ne leur est d'aucun intérêt, puisque ces modalités ne comportent aucune différence significative, que se soit visuellement ou statistiquement, entre leur modalité sans cuivre et celle avec cuivre.

L'armoïse est la seule modalité qui n'a eu aucun effet sur le mildiou, elle serait totalement inefficace. En effet, celle-ci obtient les mêmes résultats que le témoin non traité. Cependant, il est important de noter que l'Armoïse n'a pas eu le même impact sur les deux cépages, puisqu'elle est plus attaquée que le témoin non traité sur le Muscat de Hambourg, alors qu'elle a une légère efficacité sur l'Alphonse Lavallée. A priori, l'Armoïse n'aurait donc pas la même incidence, selon le cépage utilisé. Ce produit est donc à écarté des futures expérimentations concernant *Plasmopara viticola*.

Il est important de rappeler que la Bourdaine, la Bourdaine Cu, la Rhubarbe et la Rhubarbe Cu ont toutes été filtrées lors de la préparation. Cette étape supplémentaire a diminuée la concentration de la préparation en retenant une partie du produit actif, mais aussi une partie du cuivre. Cela pourrait laisser penser que ces modalités auraient pu avoir une efficacité supérieure par rapport à celle obtenue.

On s'aperçoit que le Muscat de Hambourg semble être plus touché par le mildiou que le cépage Alphonse Lavallée, ce qui laisse penser que les deux cépages n'ont pas la même sensibilité face aux maladies cryptogamiques. Cependant, il est impossible d'affirmer cette supposition, car il y a une hétérogénéité de l'ensoleillement sur l'essai et de l'âge des cépages. Une partie de l'expérimentation est plus jeune et l'autre est plus ensoleillée, ce qui favorise la sporulation du mildiou du côté du Muscat de Hambourg, à savoir dans les blocs 1, 2 et 3.



### 3 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

---

Les résultats obtenus lors de cet essai sont plutôt encourageants dans la recherche de produits alternatifs. En effet, quatre produits se démarquent, en fréquence et en intensité d'attaque, du témoin non traité, à savoir : la Bourdaine, la Prêle ainsi que le Fructose, tous les trois associés à du cuivre 100g/ha, et évidemment le cuivre 600g/ha.

Assurément, ces résultats permettent de faire un premier pas vers la diminution d'intrants cupriques en viticulture biologique, mais ils ne sont cependant pas encore concluants. En effet, trop peu de résultats sont significativement différents du témoin non traité. De plus, les modalités ayant une réelle différence sont toutes associées à une faible dose de cuivre.

Il faut tout de même souligner que ces résultats sont appréciables dans la recherche de diminution de cuivre, mais insuffisants en ce qui concerne la suppression totale de produits cupriques. L'idéal serait d'arriver à obtenir des résultats significatifs avec des produits alternatifs utilisés seuls, sans ajout de cuivre.

Malheureusement, comme on peut le constater, les résultats très prometteurs que l'on obtient en laboratoire ne reflètent pas les résultats obtenus sous ombrière. Peu de produits se révèlent réellement efficaces contre le mildiou, dans des conditions partiellement contrôlées. Ces observations montrent à quel point la transition entre le laboratoire et le plein champ est délicate.

Dans le futur, il sera nécessaire de réitérer ces expérimentations, ce qui permettra d'apprécier réellement le niveau d'efficacité de ces produits, notamment par rapport à la pression parasitaire. Il sera aussi important de réaliser ces essais dans des parcelles en production, car l'essai sous l'ombrière, ne reflète pas la réalité.

Il faudra également tester ses produits dans des régions viticoles qui subissent des attaques plus conséquentes et plus constantes de *Plasmopara viticola*. En effet, puisque la vallée du Rhône est soumise au climat méditerranéen et au Mistral, ce n'est pas l'endroit le plus adapté pour réaliser des essais sur des maladies cryptogamiques.

Il sera également indispensable, après avoir sélectionné les produits alternatifs susceptibles de remplacer le cuivre, de réaliser des essais de posologie. C'est-à-dire de déterminer pour chaque produit alternatif la cadence de traitement et le dosage adapté, par rapport à la pression parasitaire.

Au sujet de la réalisation des mesures de l'essai, il faudra effectuer deux comptages par cep, en distinguant les jeunes feuilles, des vieilles feuilles. En effet, il y a une différence d'intensité d'attaque entre les deux, puisque les plants sont traités avant l'apparition des jeunes feuilles, qui sont donc beaucoup plus sensibles au mildiou.

Concernant les modalités, il est important de continuer à tester diverses plantes qui possèdent de nombreuses qualités encore insoupçonnées. Cependant d'autres substances, comme les sucres pourraient avoir des qualités intéressantes. Par exemple, au cours de l'essai je me suis aperçue que de nombreux escargots se trouvaient sur le feuillage et qu'ils laissaient derrière eux des traces de bave. Sur ces zones, il n'y avait aucun développement de mildiou. Bien sûr ce n'est qu'une supposition, mais la bave d'escargot pourrait avoir des propriétés antifongiques. Par conséquent, il serait intéressant, lors de futures expérimentations, de tester une solution à base de bave d'escargot.

La recherche de produits alternatifs au cuivre en viticulture, contre *Plasmopara viticola*, est donc loin d'être terminée, compte tenu des résultats peu concluants que l'on obtient au vignoble, des nouvelles réglementations européennes en matière d'Agriculture Biologique, ainsi que du projet national Ecophyto 2018.

En outre, de plus en plus d'études sont menées à ce sujet, et plus particulièrement envers les produits alternatifs qui auraient des propriétés d'éliciteurs, c'est-à-dire des stimulateurs de défenses naturelles pour la plante. De nombreux travaux seront encore nécessaires, avant de trouver les produits adéquats et de pouvoir mettre en place de nouveaux traitements capables de succéder au cuivre dans le vignoble, notamment dans les parcelles conduites en Agriculture Biologique.

### 4 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Aveline N. (2009) Produits alternatifs et SDN pour protéger la vigne. *Les Entretien Viti-Vinicoles Rhône Méditerranée 2009* : 3-7
- Bayer CropScience (Juillet 2009) Fongicides Alternatifs : la difficile épreuve du terrain. *A la santé de la vigne n°13* : 4-5

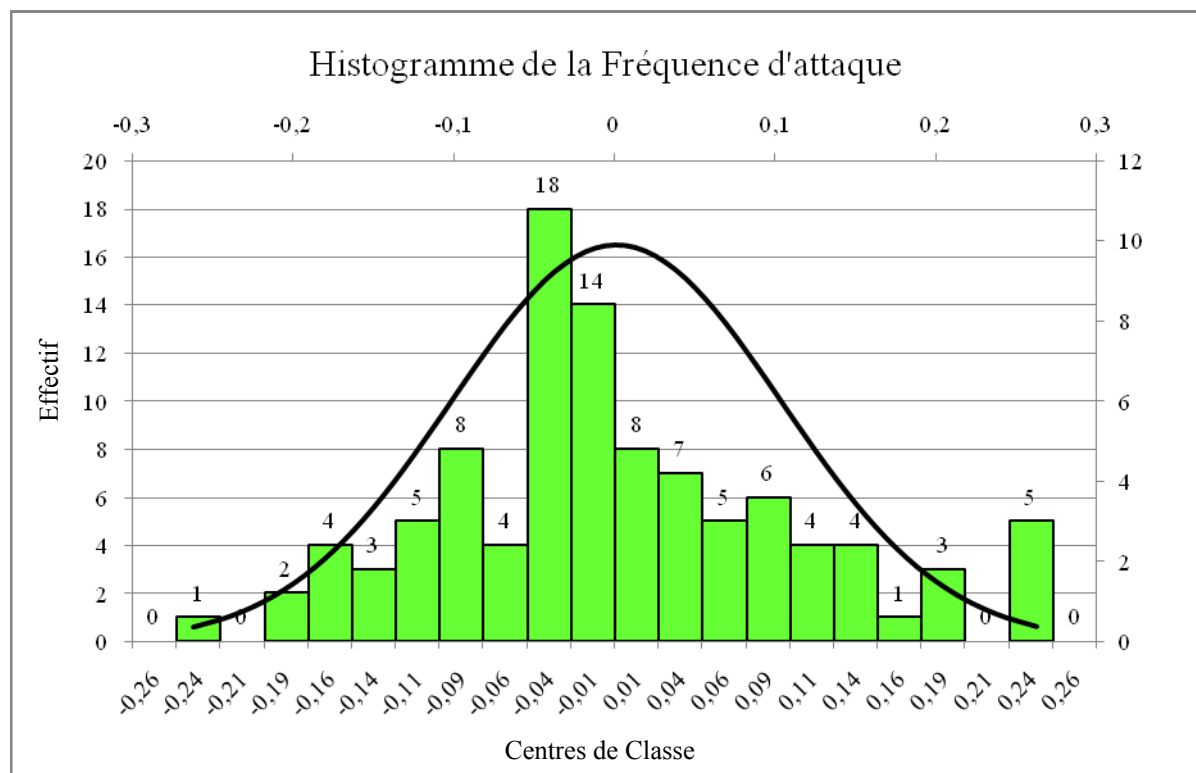
- Bertrand C. (2009) Des plantes pour soigner des plantes, résultats d'enquêtes et de laboratoire. *Compte-rendu Journées Techniques Viticulture Biologique - Novembre 2009* : 59-63.
- BIVB (Juillet 2008) Alternatives à la lutte chimique : ce qu'il faut savoir. *Plaquette du Pôle Technique et Qualité du BIVB*
- Chovelon M. (2006) Contrôle de *Plasmopara viticola*, agent du mildiou de la vigne. *Fiche d'expérimentation du GRAB*
- Chovelon M. Lambion J. (2008) Lutte contre le mildiou de la vigne : Evaluation de produits alternatifs au cuivre dans le cadre de l'Agriculture Biologique. *Fiche GRAB*
- Davidou L. (2009) Produits « alternatifs » - Synthèse des essais 2008 réalisés en Aquitaine. *Fiche Chambre d'agriculture de la Gironde - Service Vigne et Vin*
- Derridj S. (2010) Conditions d'application des sucres comme inducteurs de résistance des plantes aux phyto-agresseurs. *Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques - Décembre 2010* : 5-8.
- Galet P. (1999) Mildiou. *Précis de pathologie viticole 3<sup>ème</sup> édition* : 20-36
- George N. Agrios (2005) Disease cycle of downy mildew of grapes caused by *Plasmopara viticola*. *Plant pathology 5<sup>ème</sup> édition* : 431
- Gindro K. *et al.* (2007) Peut-on stimuler les mécanismes de défenses de la vigne ? Une nouvelle méthode pour évaluer le potentiel des éliciteurs. *Revue Suisse de Viticulture Arboriculture et Horticulture Vol. 39 (6)* : 377-383.
- Goetz G. *et al.* (1999) Resistance factors to grey mould in grape berries: identification of some phenolics inhibitors of *Botrytis cinerea* stilbene oxidase. *Phytochemistry 52(5)* : 759-767.
- Gomez C. Chovelon M. (2009) Bilan du projet européen REPCO 2004-2007 : Alternative au cuivre dans la maîtrise du mildiou de la vigne. *Alter Agri n°94* : 15-16
- IFV (Décembre 2010) Méthodes alternatives : Les Préparations Naturelles Peu Préoccupantes. *IFV Fiche technique n°47*
- ITAB (Décembre 2003) Réglementation et principes généraux de la viticulture biologique. *Fiche Technique ITAB*
- Jonis M. (2010) Actualités de la Protection des Plantes en AB. *Fiche ITAB*
- Maille E. (2011) Optimisation de la Conduite Phytosanitaire du Vignoble en Agriculture Biologique. *Fiche Infos - Agro Bio Périgord*
- Molot B. (2007) Solutions alternatives : Qu'en attendre ? *Acte Colloque Euroviti 2007* : 113-116
- Ondet S-J. (2007) Stratégie de maîtrise du puceron vert du pommier par phytothérapie. *Rapport final d'expérimentations du GRAB 2007* : 32-34.

#### **Sites Internet :**

- Bayer CropScience ; A la santé de la vigne - Dégâts provoqués par le mildiou et Mesures prophylactiques. <http://alasantedelavigne.bayercropscience.fr/>
- GRAB - Présentation du Groupe de Recherche. <http://www.grab.fr/>
- Ministère de l'Agriculture - Plan Ecophyto 2018. <http://agriculture.gouv.fr/ecophyto-2018>
- REPCO - Présentation du projet européen REPCO. <http://www.rep-co.nl/>

## ANNEXE 1 : RÉSULTATS STATISTIQUES - FRÉQUENCE D'ATTAQUE

- Histogramme des Résidus et Loi Normale



- Anova

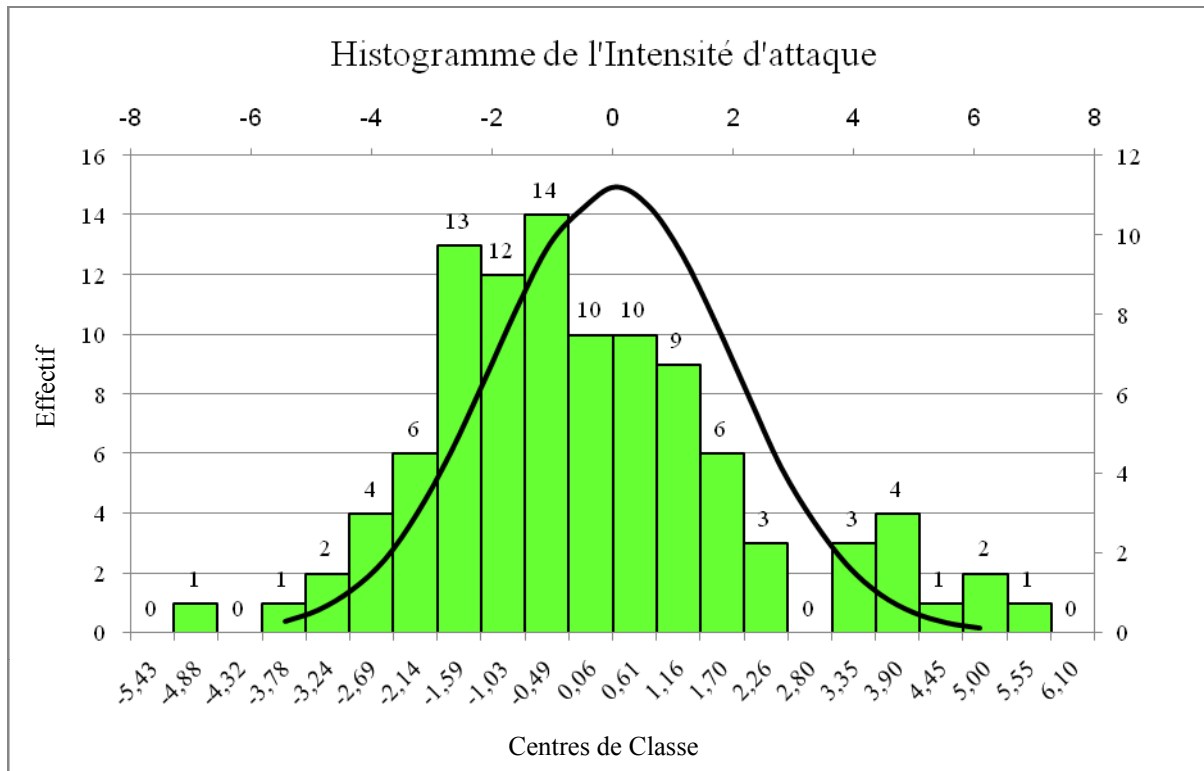
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	1,943	101	0,019		
Var.FACTEUR 1	0,730	16	0,046	3,467	0,000
Var.BLOCS	0,160	5	0,032	2,425	0,042
Var.RESIDUELLE 1	1,053	80	0,013		

- Test de Newman-Keuls à 5%

Modalité	Moyenne	Groupes homogènes	
TNT	0,461	A	
Armoise	0,424	A	
Saule Ecorce Cu	0,324	A	B
Saule Feuille	0,323	A	B
Saule Ecorce	0,318	A	B
Saule Feuille Cu	0,317	A	B
Armoise Cu	0,291	A	B
Prêle	0,287	A	B
Rhubarbe Cu	0,270	A	B
Rhubarbe	0,270	A	B
Cu100	0,264	A	B
Fructose	0,257	A	B
Bourdaïne	0,250	A	B
Fructose Cu	0,176		B
Prêle Cu	0,176		B
Bourdaïne Cu	0,145		B
Cu600	0,140		B

## ANNEXE 2 : RÉSULTATS STATISTIQUES - INTENSITÉ D'ATTAQUE

- Histogramme des Résidus et Loi Normale



- Anova

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	778,373	101	7,707		
Var.FACTEUR 1	276,300	16	17,269	3,448	0,000
Var.BLOCS	101,424	5	20,285	4,050	0,003
Var.RESIDUELLE 1	400,649	80	5,008		

- Test de Newman-Keuls à 5%

Modalité	Moyenne	Groupes homogènes	
TNT	7,330	A	
Armoise	7,188	A	
Saule Feuille	5,348	A	B
Armoise Cu	4,917	A	B
Saule Ecorce	4,658	A	B
Saule Feuille Cu	4,372	A	B
Rhubarbe Cu	4,015	A	B
Bourdaïne	3,765	A	B
Saule Ecorce Cu	3,577	A	B
Rhubarbe	3,530	A	B
Cu100	3,313	A	B
Fructose	3,199	A	B
Prêle	2,702		B
Prêle Cu	2,657		B
Fructose Cu	2,402		B
Bourdaïne Cu	1,661		B
Cu600	1,033		B