

---

## VITICULTURE 2009

---

# ALTERNATIVES AU CUIVRE DANS LA LUTTE CONTRE LE MILDIOU DE LA VIGNE

---

**Claude-Eric Parveaud, Christelle Gomez (GRAB)**  
**Aline Fons (stagiaire GRAB), Olivier Malet (Cave De Die Jaillance),**  
**Amélia Antolin (stagiaire Cave De Die Jaillance)**

---

### 1 - PROBLEMATIQUE

---

Le seul fongicide autorisé et homologué par le cahier des charges Agriculture Biologique dans la lutte contre le Mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*) est le cuivre. Celui-ci peut être apporté sous différentes formes : Hydroxyde, Oxychlorure, Oxyde cuivreux. Le cuivre a une activité bactériostatique ; les traitements à base de cuivre sont préventifs. Etant donné que le mildiou de la vigne est très souvent la première cause de perte de récolte et que les traitements curatifs n'existent pas en AB, le nombre de traitement est élevé durant une saison de végétation. Le cuivre est un métal qui s'accumule dans les horizons superficiels du sol et sa demi-vie étant très importante. Le stockage de cuivre dans le sol a des conséquences agronomiques environnementales : phytotoxicité (sur la croissance végétative et la croissance des fruits), inhibition de l'activité microbienne du sol, pollution des nappes phréatiques par lessivage. La réglementation actuelle limite l'usage du cuivre à une dose à 6 Kg de cuivre métal / ha / an avec la possibilité de faire une moyenne flottante sur 5 ans (30 Kg de Cu métal / 5 ans). Dans ce contexte, la recherche de méthodes de lutte minimisant les quantités de cuivre employées est une priorité.

---

### 2 - OBJECTIF

---

Evaluer l'efficacité de méthodes de lutte contre le mildiou de la vigne employant des quantités de cuivre minimales et dont l'efficacité reste suffisante pour être utilisée dans les parcelles commerciales conduites en AB. Des produits seuls ou en association avec de faible quantité de cuivre seront testés en plein champ. L'évaluation portera sur la nature des produits, leurs doses d'application ainsi que des dates d'apport (en fonction des stades phénologiques de plus grande sensibilité de la vigne au mildiou).

---

### 3 - MATERIEL ET METHODE

---

#### 3.1 – Lieu

La parcelle est située dans la commune de Barnave (26), près de Die.

#### 3.2 - Matériel végétal

- Variété : Muscat.
- Porte greffe : SO4
- Distance de plantation : 0.80 m × 2.50 m.
- Année de plantation : Surgreffage des Chardonnay, en 1997.
- Parcelle conduite en AB.
- Sol argilo-calcaire, pauvre en phosphore, riche en potasse et magnésium.
- Topologie de la parcelle : légère pente orientation sud-est sur une moitié de la surface de la parcelle.

#### 3.3 - Dispositif expérimental

- Le dispositif expérimental comprend 10 modalités et 4 blocs. Chaque modalité est représentée une fois dans chacun des blocs par une parcelle élémentaire. Une parcelle élémentaire est constituée de 15 ceps sur une même ligne. La répartition des parcelles élémentaires au sein des blocs est aléatoire.
- Il y a donc 4 parcelles élémentaires par modalité, ces 4 parcelles représentent une surface de 120 m<sup>2</sup>.
- Sur les 10 rangs centraux comportant des parcelles élémentaires, celles-ci sont séparées par 2 à 3 ceps non traités agissant comme une zone tampon.
- Les ceps en dehors des parcelles élémentaires situées à l'extrémité des rangs ont été traités avec un traitement cuivre (le même traitement que la « référence cuivre »).

- De part et d'autre des 10 rangs de l'essai, les 2 rangs hors essai ont été traités avec un cuivre (le même traitement que la « référence cuivre »).

### 3.4 - Modalités testées

La modalité témoin non traité (TNT) permet d'évaluer l'efficacité des produits et stratégies testés par rapport à une absence de traitement ainsi que l'intensité de la pression du mildiou dans la parcelle expérimentale.

La modalité référence cuivre (Ref Cu) sert de référence car il s'agit de la stratégie habituellement préconisée par les services techniques et suivie par une majorité des producteurs (hormis le choix du produit commercial). Le nom commercial de l'hydroxyde de cuivre utilisé est le Champ DP. Il est dosé à 37.5% de cuivre métal. La dose est ajustée en fonction des conditions météorologiques et du stade phénologique : respectivement 400g/ha ou 600g/ha de Cu métal en cas de risque faible ou fort de contamination.

La modalité cuivre faible dose (Cu150) apporte une quantité de cuivre 2.6 à 4 fois inférieure à Ref Cu. Le Lithothamne est une algue marine riche en calcaire, en magnésium et en de nombreux oligo-éléments. Son rôle anti-fongique sera évalué dans ce dispositif.

Le Prev-B2 (société Samabiol) est un engrais à base de bore et d'essence d'orange (95% de d-limonène). Le premier élément a un effet nutritif, le second a des propriétés desséchantes au niveau de la surface des organes traités. Son rôle anti-fongique sera évalué dans ce dispositif. Une attention particulière sera portée à la concentration du produit car il peut être phytotoxique sur le cépage Muscat (expérience de l'année 2008).

Enfin, les quatre dernières modalités utilisent les produits cités précédemment avec une chronologie des traitements basée sur les stades de sensibilité du végétal au Mildiou.

Modalité	Composition	Dose
Témoin non traité (TNT)		
Référence cuivre : Champ DP	Hydroxyde de Cu	400 ou 600 g/ha (Cu métal)
Cuivre faible dose	Hydroxyde de Cu	150 g/ha (Cu métal)
Lithothamne + cuivre faible dose	Algue marine calcaire + Hydroxyde de Cu	5 Kg/ha 150 g/ha (Cu métal)
Prev-B2	B et essence d'orange	0.6%
Prev-B2 + cuivre faible dose	B et essence d'orange + Hydroxyde de cuivre	0.6% + 150 g/ha (Cu métal)
<i>Stratégie 1</i> Cu pleine dose à floraison et véraison uniquement	Hydroxyde de Cu	600 g/ha (Cu métal)
<i>Stratégie 2</i> Prev-B2 avant floraison Cu pleine dose encadrement floraison Prev-B2 après floraison Cu pleine dose véraison	B et essence d'orange Hydroxyde de Cu B et essence d'orange Hydroxyde de Cu	0.6% 600 g/ha (Cu métal) 0.6% 600 g/ha (Cu métal)
<i>Stratégie 3</i> Prev-B2 + Cu faible dose avant floraison Cu pleine dose encadrement floraison Prev-B2 + Cu faible dose après floraison Cu pleine dose véraison	B et ess. d'or. + Hyd. de Cu Hydroxyde de Cu B et ess. d'or. + Hyd. de Cu Hydroxyde de Cu	0.6% + 150 g/ha (Cu métal) 600 g/ha (Cu métal) 0.6% + 150 g/ha (Cu métal) 600 g/ha (Cu métal)
<i>Stratégie 4</i> Lithothamne + Cu faible dose avant floraison Cu pleine dose encadrement floraison Lithothamne + Cu faible dose après floraison Cu pleine dose véraison	Alg. mar. cal. + Hyd. de Cu Hydroxyde de Cu Alg. mar. cal. + Hyd. de Cu Hydroxyde de Cu	5 Kg/ha + 150 g/ha (Cu métal) 600 g/ha (Cu métal) 5 Kg/ha + 150 g/ha (Cu métal) 600 g/ha (Cu métal)

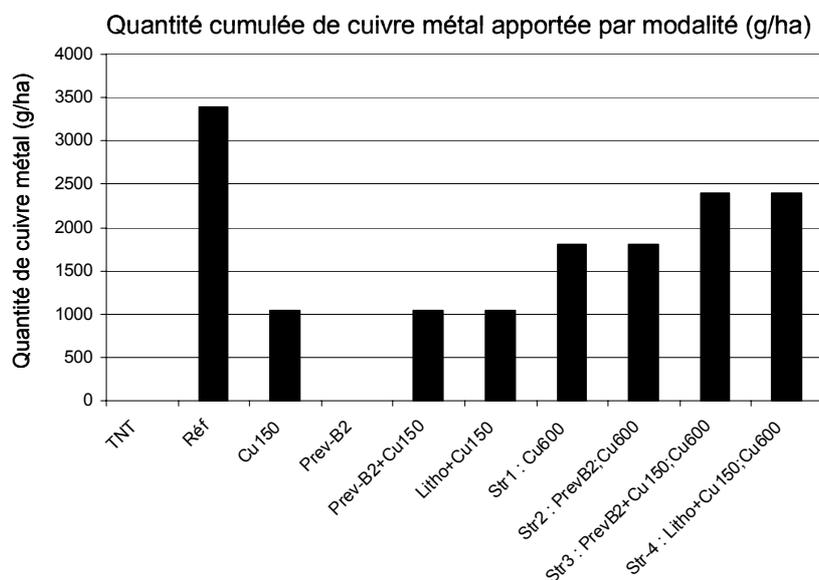
### 3.5 - Réalisation des traitements

Le tableau présente les dates de traitements en 2009, le stade phénologique observé, la dose de cuivre métal utilisé sur la modalité Ref Cu ainsi que la stratégie de traitement des modalités Stratégies 1, 2, 3 et 4 (se reporter au tableau précédent).

Dates de traitement	Stade phénologique de la vigne	Dose de Cu métal Ref. Cu	Traitement des modalités Stratégies
11 mai	15 : Boutons floraux encore agglomérés	400 g/ha	avant floraison
20 mai	17 : Boutons floraux séparés	400 g/ha	avant floraison
29 mai	19 : Tout début floraison, chute des premiers capuchons floraux	600 g/ha	encadrement floraison
05 juin	19-23 : Tout début à pleine floraison (hétérogénéité au sein de la parcelle)	600 g/ha	encadrement floraison
12 juin	25 : Fin de floraison, 80% des capuchons floraux tombés	600 g/ha	encadrement floraison
24 juin	31 : Baies à taille de pois	400 g/ha	après floraison
10 juillet	33 : Fermeture de la grappe	400 g/ha	après floraison

Les traitements ont débuté dès le début de la période de risque de contamination (date un peu plus précoce que ce qui a été réalisé par les producteurs de la zone d'étude). Les traitements ont été renouvelés en cas de lessivage (précipitation supérieure à 20mm) ; le délai entre chaque traitement est ajusté en fonction du rythme de développement des nouveaux organes.

Les traitements ont été réalisés manuellement avec un pulvérisateur à pompe centrifuge Solo 400. Le volume de bouillie utilisé est de 150L/ha, soit 1.8L pour une modalité de 120 m<sup>2</sup>. Dans la pratique, un volume de 3L a été préparé dans le réservoir. Le volume restant après traitement a été mesuré afin de calculer le volume réellement pulvérisé. La buse n°1 (débit de 520 mL/min vérifié en début de saison) a été choisie, permettant un passage en 26 secondes de chaque face des parcelles élémentaires.



Les quantités cumulées de cuivre métal apportées par modalité (graphique ci-dessus) sont comprises entre 0 et 3400g/ha. La réduction de la quantité totale de cuivre par rapport à la référence est de :

- 69% pour les modalités Cu150, PrevB2+Cu150 et Lithothamne+Cu150
- 47 % pour les stratégies 1 et 2
- 29% pour les stratégies 3 et 4

### 3.6 – Observations des symptômes

Le pourcentage d'expression des symptômes sur feuille et grappe a été évalué visuellement. Sur feuille, les observations ont portées sur 100 feuilles par parcelle élémentaires, soit 400 feuilles par modalité. A chaque date d'observation, la valeur notée correspond au cumul de la surface atteinte par rapport à la surface foliaire. Sur grappe, les observations ont portées sur 50 grappes par parcelles élémentaires, soit 200 grappes par modalité. La fréquence d'expression sur feuille et grappe est déduite à partir de ces observations.

### 3.7 – Analyse des données et interprétations des résultats

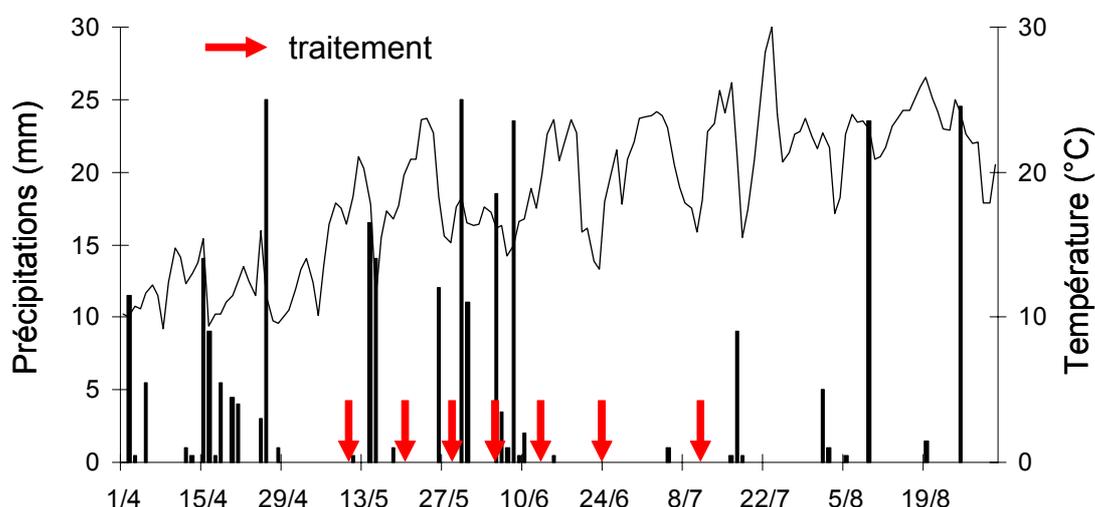
Plusieurs test statistiques ont été réalisés avec le logiciel R et le logiciel Statgraphics afin d'analyser les données. La normalité de la distribution des échantillons a été testée avec le test de Shapiro. Si la distribution peut être considérée comme normale, le test paramétrique de Bartlett est réalisé ; si ce n'est pas le cas, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis est réalisé. Puis, le test post-hoc de Tukey est réalisé pour comparer les modalités entre-elles. Le risque d'erreur de première espèce choisis pour ces tests est de 5%.

## 4 – RESULTATS

Les premières taches de mildiou ont été observées dans la parcelle le 05/06/09 dans le témoin non traité sur un nombre très limité de feuilles. Deux notations sur feuille et grappe ont été réalisées le 18/06/09 et le 24/07/09 ; une notation avant vendange sur grappe uniquement a été réalisée le 01/09/09.

### 4.1 - Données climatiques 2009

Le cumul des précipitations entre les mois de mai à août 2009 est de 196.5 mm, ces précipitations ont été réparties sur 24 jours. En comparaison, les valeurs enregistrées à cette même période en 2008 sont de 277.5 mm et 45 jours de précipitations. Les conditions sèches de l'année 2009 ont limité l'expression du mildiou dans les parcelles de cépage Muscat cette année. Ces conditions contrastent fortement avec celles de l'année 2008 où l'expression du mildiou a été très forte, y compris avec une protection phytosanitaire.



### 4.2 – Dégâts de mildiou observés sur les feuilles en cours de saison

Bien que non quantifié, très peu de dégât d'oïdium a été observé dans cette parcelle. L'évolution de la fréquence et de l'intensité des taches de mildiou présente les mêmes tendances par modalité. Le témoin non traité (TNT) est la modalité où l'intensité et la fréquence moyenne des dégâts sont les plus élevées : environ une feuille sur deux présente une tache de mildiou le 24 juillet. Il faut cependant noter que l'intensité des dégâts (c'est-à-dire la surface moyenne des taches observées) est d'un niveau faible

dans le TNT. Cette faible pression est expliquée par les conditions climatiques chaudes et sèches défavorables au développement fongique.

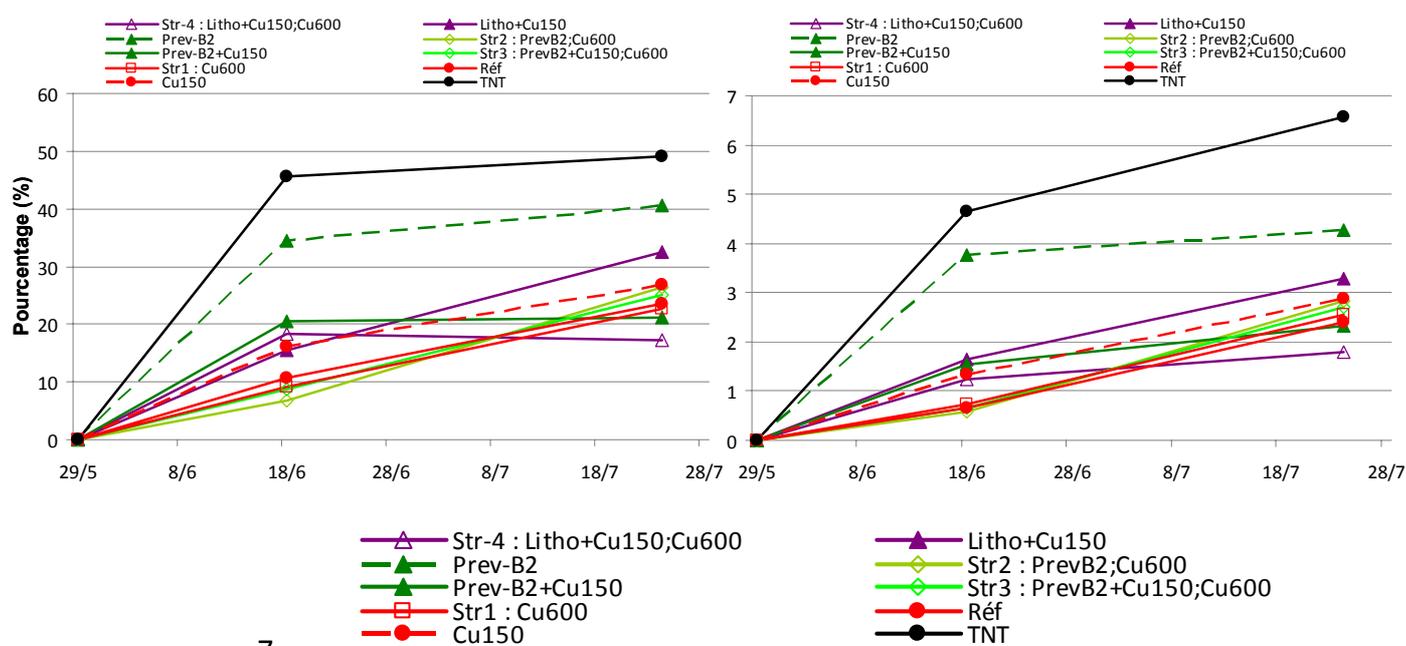
La fréquence et l'intensité des dégâts sur feuille ont peu évolué entre les deux dates de notations en raison du faible nombre d'épisodes de contamination intervenus entre le 18 juin et le 24 juillet. A une exception près (fréquence de taches pour la stratégie 4), fréquence et surface moyenne augmentent entre la première et la deuxième notation. La diminution peut s'expliquer par un biais d'échantillonnage et une chute des feuilles présentant des tâches entre les deux dates d'observation.

La comparaison des modalités sur le critère de la surface moyenne des taches permet de distinguer plus de différences significatives entre modalités que le critère de la fréquence moyenne d'observation des taches.

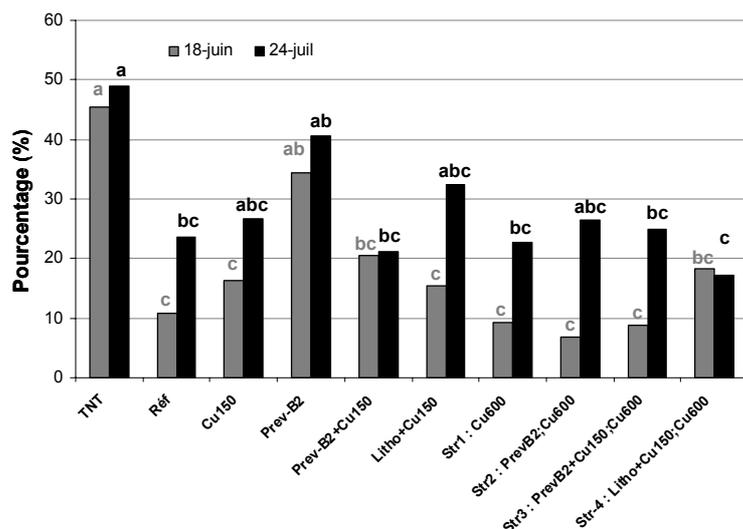
Sur le critère de la surface moyenne des taches de mildiou, la modalité PrevB2 seule est la moins intéressante pour la protection contre le mildiou. Elle est statistiquement différente des 8 autres modalités traitées le 18 juin mais pas le 24 juillet. Les différences sont cependant faibles : la surface moyenne des taches de mildiou des modalités TNT et PrevB2 seul est respectivement 6.6% et 4.3% le 24 juillet.

Les modalités basées sur des doses de cuivre plus faibles (produit alternatif + cuivre ou apport limité de cuivre) permettent une protection sur feuille du même niveau que la référence cuivre. En effet, quelque soit le critère retenu pour comparer les modalités (fréquence moyenne ou surface moyenne des taches), il n'y a pas de différence significative entre la référence cuivre et les modalités limitant l'apport de cuivre aux deux dates d'observations. Ce résultat suggère plusieurs remarques :

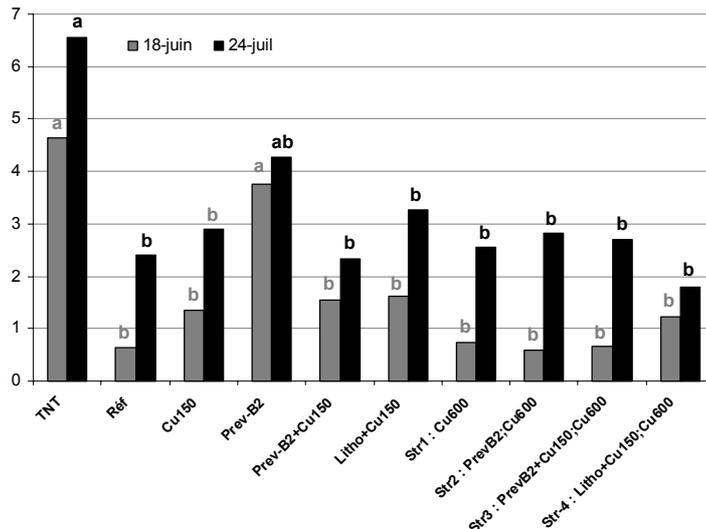
- dans les situations de faible pression, il est possible de limiter l'apport de cuivre sans augmenter la contamination des feuilles au cours de saison ;
- des différences significatives au sein des 8 modalités utilisant des doses de cuivre allégées sont observées seulement si on considère la fréquence moyenne des taches observées le 24 juillet : les modalités Cu150, Stratégie 2 et Litho+Cu150 protègent moins bien le feuillage que les autres modalités alternatives (Stratégie 1, 3, 4, PrevB2+Cu150).



### Fréquence moyenne des feuilles présentant une tache de mildiou



### Surface moyenne des taches de mildiou observées sur feuille



### 4.3 – Dégâts de mildiou observés sur les grappes en cours de saison

La modalité TNT présente les valeurs moyennes de fréquence et de surface de taches de mildiou sur grappe les plus élevées.

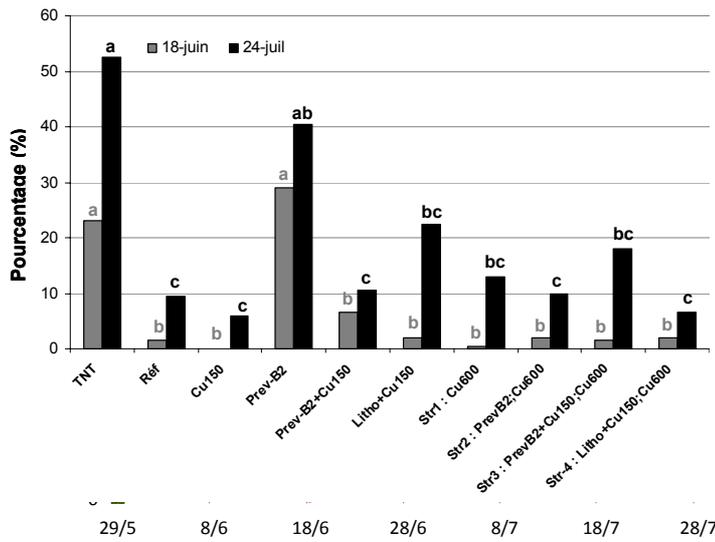
Contrairement aux observations réalisées sur feuille, on note que les contaminations des grappes le 16 juin sont très faibles ou nulles, sauf pour les modalités TNT et PrevB2.

De la même manière que pour les notations réalisées sur feuille, la comparaison des modalités sur le critère de la surface moyenne des taches sur grappe permet de distinguer plus de différences significatives entre modalités que le critère de la fréquence moyenne d'observation des taches.

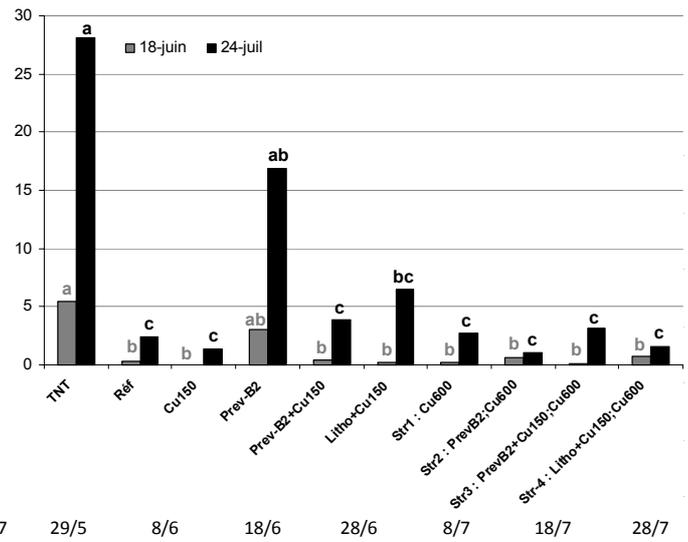
Les mêmes tendances que celles soulignées sur feuille sont observées le 24 juillet : la modalité PrevB2 seule n'est pas statistiquement différente de la modalité TNT. Ceci met en évidence l'absence d'efficacité du PrevB2 seul dans les conditions d'expérimentation 2009.

Si on retient le critère de la surface moyenne des taches de mildiou pour comparer les modalités, la modalité PrevB2 et Litho+Cu150 ne sont pas statistiquement différentes entre-elles. Ces deux modalités présentent une protection inférieure aux autres modalités basées sur un apport limité de cuivre.

Fréquence moyenne des grappes présentant une tache de mildiou



Surface moyenne des taches de mildiou observées sur grappes



▲ Str-4 : Litho+Cu150;Cu600  
 ▲ Prev-B2  
 ▲ Prev-B2+Cu150  
 □ Str1 : Cu600  
 ● Cu150

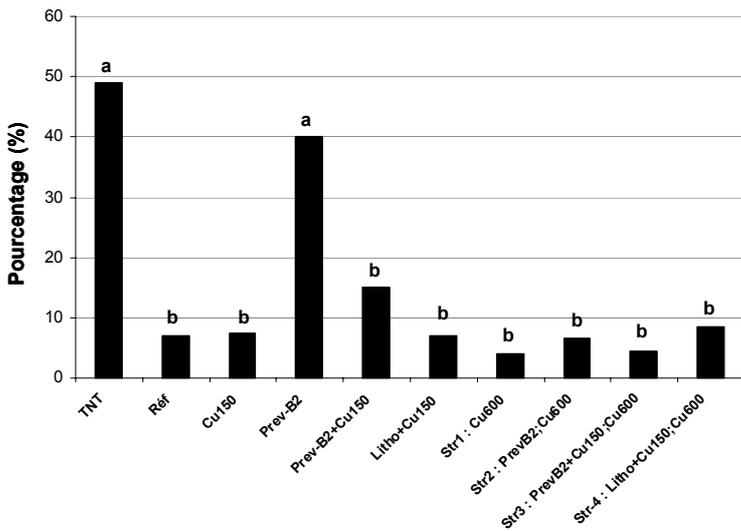
▲ Litho+Cu150  
 ◆ Str2 : PrevB2;Cu600  
 ◆ Str3 : PrevB2+Cu150;Cu600  
 ● Réf  
 ● TNT

#### 4.4 – Dégâts de mildiou observés sur les grappes à la récolte

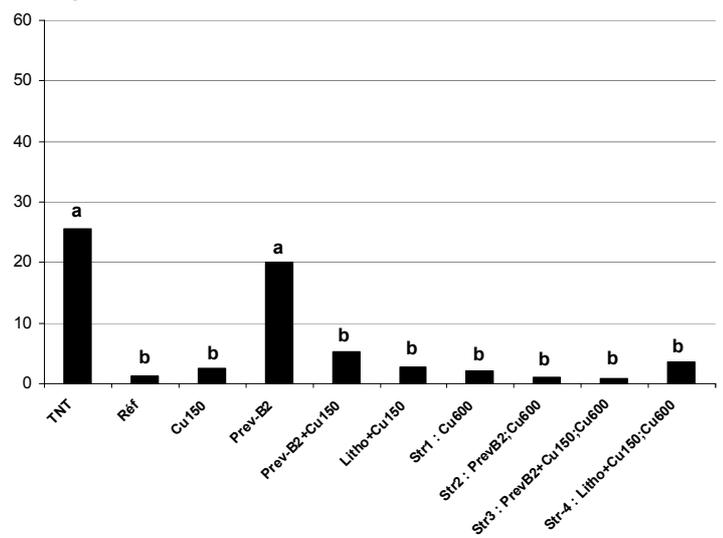
Ces observations ont été réalisées le 01/09/09 quelques jours avant la récolte des grappes. Les différences entre modalités observées à la récolte confirment les observations réalisées en cours de saison pour la modalité PrevB2 seule : lors de la récolte, la fréquence et la surface moyenne des taches de mildiou observées sur grappe ne sont pas statistiquement différentes de la modalité TNT. La proportion de grappes présentant plus de 30% de dégâts est de 35% pour la modalité TNT et 30% pour la modalité PrevB2.

Les modalités basées sur un faible apport de cuivre protègent contre les contaminations de mildiou avec la même efficacité que la référence. Ces résultats montrent qu'en condition de faible pression de contamination, un programme allégé en cuivre n'altère pas la protection phytosanitaire des grappes contre le mildiou. La comparaison des modalités basées sur des faibles apports de cuivre ne met pas de différence significative en évidence.

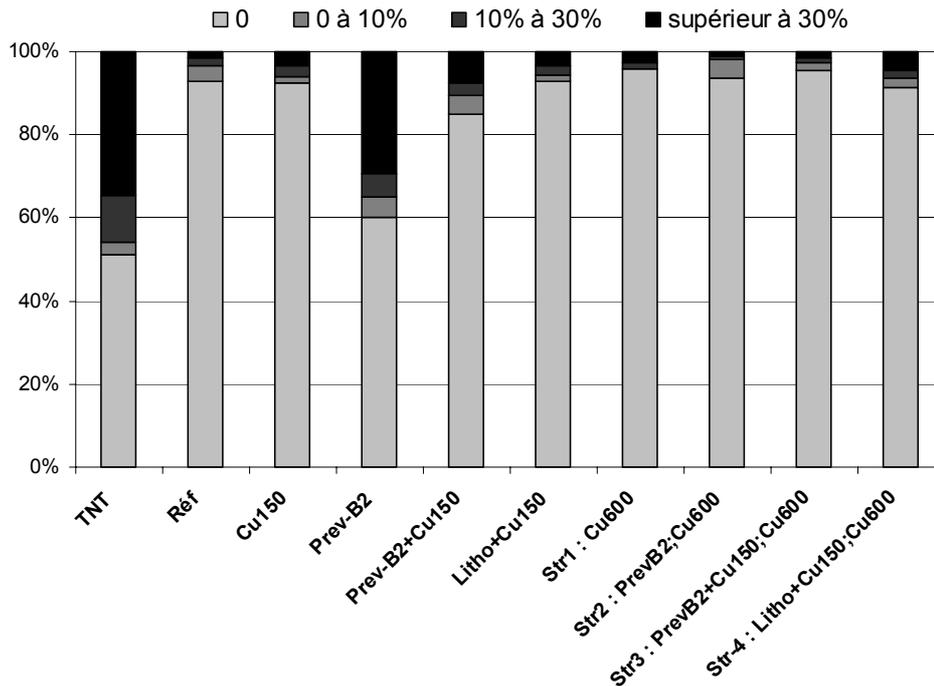
Fréquence moyenne des grappes présentant une tache de mildiou à la récolte



Surface moyenne des taches de mildiou observées sur grappes à la récolte



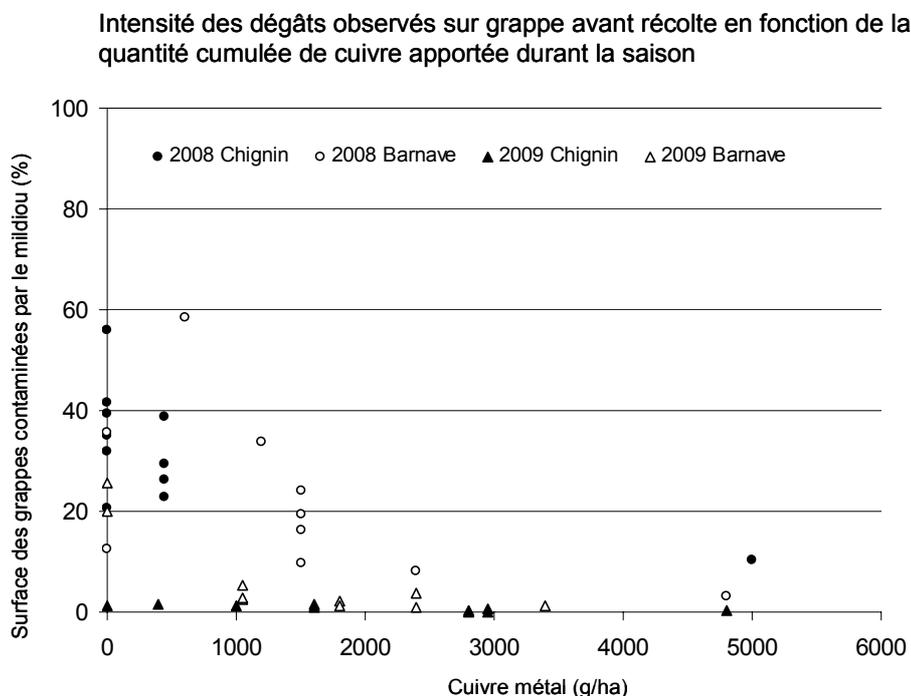
Répartition par classe de l'intensité des dégâts de mildiou sur grappe



#### 4.5 – Intensité des dégâts et quantités de cuivre apportées

Le graphique ci-dessous représente la surface des grappes contaminées par le mildiou en fonction de la quantité cumulée de cuivre métal apportée par ha. Les données correspondant à l'ensemble des modalités testées sur les sites de Barnave et Chignin (se reporter au compte-rendu de ce site pour plus d'information) en 2008 et 2009 sont représentées.

L'effet de l'année est très fort : en 2009, la variabilité des dégâts avant récolte est très faible par rapport à l'année 2008. La différence de niveau de contamination liée aux conditions climatiques influence très fortement les réponses observées. Bien que les données ne se prêtent pas à une généralisation, on peut constater une forte variabilité de l'efficacité des traitements lorsque les doses de cuivre métal cumulées sont inférieures à 2000g/ha. Le travail sur des doses réduites de cuivre est donc à poursuivre afin de préciser les conditions et limites d'efficacité.



## 5 – CONCLUSIONS

Les conditions climatiques chaudes et sèches de l'année 2009 ont fortement limité l'expression de mildiou sur la parcelle expérimentale. Les conditions expérimentales sont donc assez peu favorables à l'observation de différence entre modalité. D'une manière générale, une faible pression a été notée sur l'ensemble des parcelles du secteur de Luc en Diois. Cette situation contraste avec l'année 2008 où la pression avait été très élevée : la surface moyenne des taches sur le TNT et la référence cuivre en 2008 sont respectivement de 58% et 3%, et de 25% et 1% en 2009.

La comparaison des modalités dans nos conditions expérimentales en 2009 permet de soulever les points suivants.

Le PrevB2 utilisé seul ne permet pas de limiter l'expression du mildiou sur feuille et sur grappe. Ce résultat est partiellement en contradiction avec celui de l'année 2008 puisqu'une diminution significative de la surface des taches sur grappe à la récolte de 79% avait été mise en évidence par rapport au témoin non traité. Les modalités de traitements avec le PrevB2 sont identiques en 2008 et 2009 hormis les dates de traitements et la concentration du produit appliqué lors des deux premiers traitements (en 2008 les deux premiers traitements au PrevB2 ont été réalisés à 0.8% puis à 0.6% suite aux brûlures observées sur feuille). Une hypothèse explicative des différences de résultats entre 2008 et 2009 est une très faible efficacité sur le mildiou, de ce fait elle n'est mise en évidence que lorsque l'intensité des contaminations est très élevée.

L'ajout de cuivre à faible dose avec le PrevB2 conduit à une efficacité équivalente à celle du cuivre faible dose seul, ce qui appuie l'hypothèse précédente.

Notons par ailleurs que des taches de petites tailles et ayant un aspect liégeux ont été observées à la surface des grappes ayant reçu du PrevB2 (modalité PrevB2 seule et PrevB2+Cu150). Ces taches ne déprécient pas la qualité des grappes en catégories commerciales. Un effet du PrevB2 sur les tissus en croissance est sans doute à souligner et à rapprocher des brûlures sur feuilles observées en 2008 lors des deux premiers traitements. Le cépage Muscat est connu pour sa forte sensibilité aux applications d'engrais foliaire et produits phytosanitaire.

L'association de Lithothamne et de cuivre à faible dose n'est pas plus efficace que l'apport de cuivre à faible dose seul, suggérant une efficacité nulle du Lithothamne dans nos conditions expérimentales en 2009.

Il n'y a pas de différence significative de protection des grappes entre la référence cuivre et les modalités basées sur un allègement des quantités de cuivre. Les quantités de cuivre apportées sont de 3400g/ha de cuivre métal pour la référence cuivre et varient entre 1050g/ha et 2400g/ha de cuivre métal pour les modalités allégées. Des diminutions des doses de cuivre sont donc envisageables et permettent une protection identique à la référence lorsque la pression de contamination est faible. Des résultats identiques ont été obtenus dans le cadre du projet Repco en 2004 à Montélimar sur le cépage Grenache et en 2005 à San Michelle (Italie) sur le cépage Carbernet Sauvignon.

Le mode de réduction de la dose de cuivre (limitation à chaque traitement ou traitement à pleine dose uniquement en période de risque élevé) n'a pas d'influence sur l'efficacité de protection observée dans nos conditions expérimentales.

La pression de contamination étant connue a posteriori et non en début de saison, une diminution forte de la quantité de cuivre apportée reste une stratégie potentiellement risquée si les conditions de contamination s'avèrent très élevée. Il apparaît nécessaire dès lors de continuer la recherche d'alternatives au cuivre. Les préparations à base de plantes réalisées sur les exploitations en AB et celles testées en conditions *in vitro* offrent des pistes nouvelles d'investigations.