



# ALTERNATIVES À L'UTILISATION DU CUIVRE DANS LA LUTTE CONTRE LE MILDIOU DE LA VIGNE

## Programme européen REPCO

Marc Chovelon, Christelle Gomez, Jérôme Lambion

### But de l'essai :

Evaluer l'efficacité de doses réduites de cuivre et de nouveaux produits (alternatifs au cuivre) utilisables en Agriculture Biologique pour lutter contre le mildiou de la vigne.

### 1 - Matériel et méthodes :

L'étude a été menée sur deux sites de la Vallée du Rhône : Montélimar et Avignon.

#### 1.1 - Modalités testées

| Modalité                                     | Composition                                   | Dose   |
|--|---|--|
| Témoin non traité                            |   |  |
| Champ DP (haute dose)                        | Hydroxyde de cuivre 37,5 %<br>de cuivre métal | 1067 g/ha ou 1600 g/ha<br>(=400 g or 600 g cuivre métal /<br>ha) |
| Champ DP (dose réduite)                      | Hydroxyde de cuivre 37,5 %<br>de cuivre métal | 400 g/ha<br>(=150 g cuivre métal / ha)                           |
| Fosfid'Or + Champ DP (dose<br>réduite)       | Phosphonate + hydroxyde de<br>cuivre          | 3 kg/ha + 400 g/ha   |
| Fosfid'Or                                    | Phosphonate                                   | 3 kg/ha  |
| Tisane de saule                              | préparation GRAB                              | Montélimar : 28 l/ha<br>Avignon : 20 l/ha                        |
| Tisane de saule + Champ DP<br>(dose réduite) | Tisane de saule + hydroxyde<br>de cuivre      | Montélimar : 28 l/ha + 400 g/ha<br>Avignon : 20 l/ha + 400 g/l   |
| Trichodex                                    | <i>Trichoderma harzianum</i><br>(antagoniste) | 4 kg/ha  |
| Armicarb                                     | Bicarbonate de Potassium                      | 1 kg/ha  |
| Extrait de Yucca                             |   | 3 kg/ha  |
| Inulex (uniquement sur le site<br>d'Avignon) | Extrait de <i>Inula viscosa</i>               | 10 l/ha  |

## 12 – Dispositif expérimental:

- 4 blocs randomisés
- 10 modalités testées à Montélimar, 11 modalités testées à Avignon
- sur le rang, les parcelles expérimentales sont séparées par 3 ceps non traités.

|   | <b>Montélimar</b>  | <b>Avignon</b>  |
|---|--|---|
| <b>Cépage</b>                           | Grenache (sensible au mildiou)   | Grenache (sensible au mildiou)  |
| <b>Parcelle expérimentale</b>           | 15 ceps x 1 rang   | 15 ceps x 1 rang  |
| <b>Surface / parcelle expérimentale</b> | distance entre rangs : 2,3 m<br>distance entre ceps : 1 m<br>surface : 35 m <sup>2</sup> | distance entre rangs : 2,75 m<br>distance entre ceps : 1,1 m<br>surface : 45 m <sup>2</sup> |
| <b>Surface totale de l'essai</b>        | 1400 m <sup>2</sup>  | 1800 m <sup>2</sup>   |
| <b>Date de récolte</b>                  | 24 Septembre   | 17 septembre  |

## 13 - Traitements :

Les traitements ont été réalisés avec un Solo (appareil à dos, pneumatique) avec un débit de 0,55 l/min sur chacune des 2 faces du rang.

Contre l'oïdium, les traitements au soufre (Microthiol Dispers) ont été réalisés conformément aux pratiques usuelles du producteur.

## Dates des traitements :

Les traitements ont été réalisés selon un modèle de prévision des risques et les prévisions météorologiques.

Les doses de cuivre dans les tableaux sont données en kg de cuivre métal par hectare.

Les doses des produits sont données en quantités du produit commercial.

## Montélimar :

| Modalité                                  | 27 mai                | 1 <sup>er</sup> juin  | 15 juin               | 2 juillet             | 27 août               |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Témoin non traité                         | -                     | -                     | -                     | -                     | -                     |
| Champ DP (dose élevée)                    | 400 g/ha              | 600 g/ha              | 400 g/ha              | 400 g/ha              | 400 g/ha              |
| Champ DP (dose réduite)                   | 150 g/ha              |
| Fosfid'Or + Champ DP (dose réduite)       | 3 kg/ha + 150 g/ha Cu | 3 kg/ha + 150 g/ha Cu | 3 kg/ha + 150 g/ha Cu | 400 g/ha Cu           | 400 g/ha Cu           |
| Fosfid'Or                                 | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               | 400 g/ha Cu           | 400 g/ha Cu           |
| Tisane de saule                           | 28 l/ha               |
| Tisane de saule + Champ DP (dose réduite) | 28 l/ha + 150 g/ha Cu |
| Trichodex                                 | 4 kg/ha               |
| Armicarb                                  | 1 kg/ha               |
| Extrait de Yucca                          | 150 g/ha Cu           | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               |

Avignon :

| Modalité                                  | 26 mai                | 8 juin                | 6 juin                | 25 août               |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Témoin non traité                         | -                     | -                     | -                     | -                     |
| Champ DP (dose élevée)                    | 400 g/ha              | 600 g/ha              | 600 g/ha              | 600 g/ha              |
| Champ DP (dose réduite)                   | 150 g/ha              | 150 g/ha              | 150 g/ha              | 150 g/ha              |
| Fosfid'Or + Champ DP (dose réduite)       | 3 kg/ha + 150 g/ha Cu | 3 kg/ha + 150 g/ha Cu | 3 kg/ha + 150 g/ha Cu | 600 g/ha Cu           |
| Fosfid'Or                                 | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               | 600 g/ha Cu           |
| Tisane de saule                           | 20 l/ha               | 20 l/ha               | 20 l/ha               | 20 l/ha               |
| Tisane de saule + Champ DP (dose réduite) | 20 l/ha + 150 g/ha Cu |
| Trichodex                                 | 4 kg/ha               | 4 kg/ha               | 4 kg/ha               | 4 kg/ha               |
| Armcarb                                   | 1 kg/ha               | 1 kg/ha               | 1 kg/ha               | 1 kg/ha               |
| Extrait de Yucca                          | 150 g/ha Cu           | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               | 3 kg/ha               |
| Inulex                                    | 10 l/ha               | 10 l/ha               | 10 l/ha               | 10 l/ha               |

Phosphonate (associé ou non au cuivre) : les 3 premiers traitements ont été réalisés avec du phosphonate seul, le quatrième traitement a été réalisé avec la dose élevée de cuivre (600 g cuivre métal / ha). Le phosphonate est susceptible de générer des résidus d'acide phosphorique en cas d'application à trop fortes doses. Les partenaires de REPCO ont donc décidé de ne faire que 3 applications de phosphonate, puis de continuer les traitements avec des produits à base de cuivre.

Extrait de Yucca : le premier traitement a été réalisé avec la dose réduite de cuivre, car le produit ne nous était pas encore parvenu.

#### 14- Observations :

- observations hebdomadaires.

- la croissance des rameaux est enregistrée. Le nombre de feuilles de rameaux repérés est compté.

Le mildiou est noté toutes les semaines dans le témoin non traité. Quand les premiers symptômes apparaissent, toutes les parcelles sont observées : pour chacune de 100 feuilles par parcelle élémentaire, la surface avec symptômes de mildiou est évaluée, ce qui permet le calcul de la fréquence (pourcentage de feuilles malades) et de l'intensité (pourcentage de surface moyenne malade).

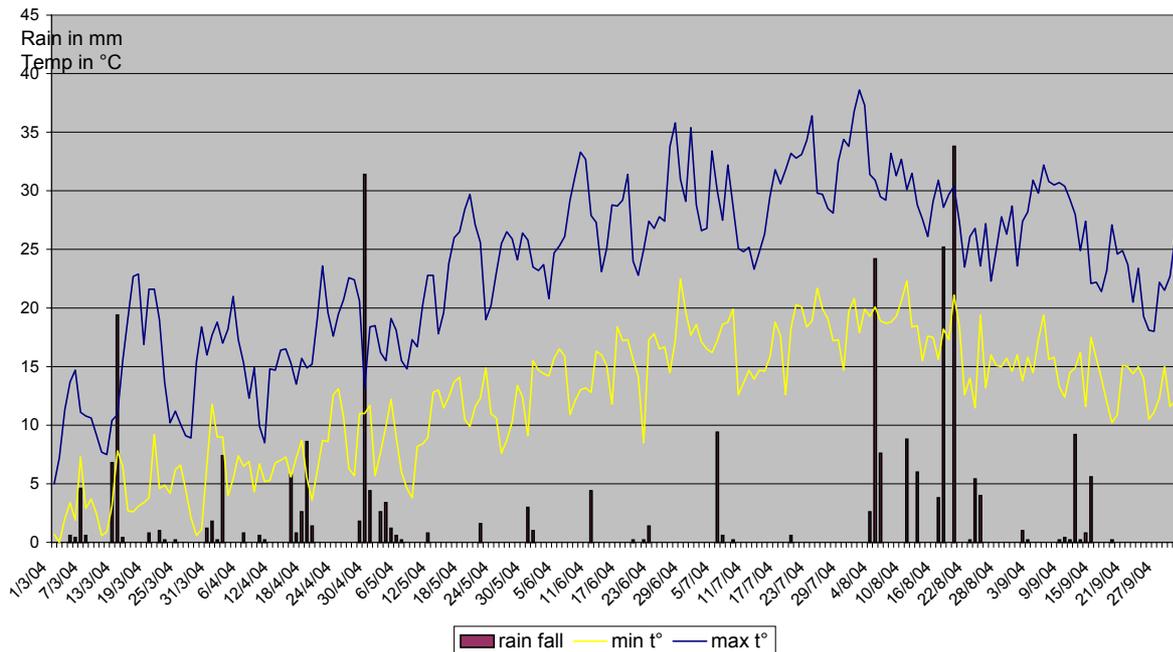
FREQUENCE = INCIDENCE ; INTENSITE = SEVERITY

## 2 – Résultats

### 2 1– Résultats à Montélimar

## 211 – Données météorologiques

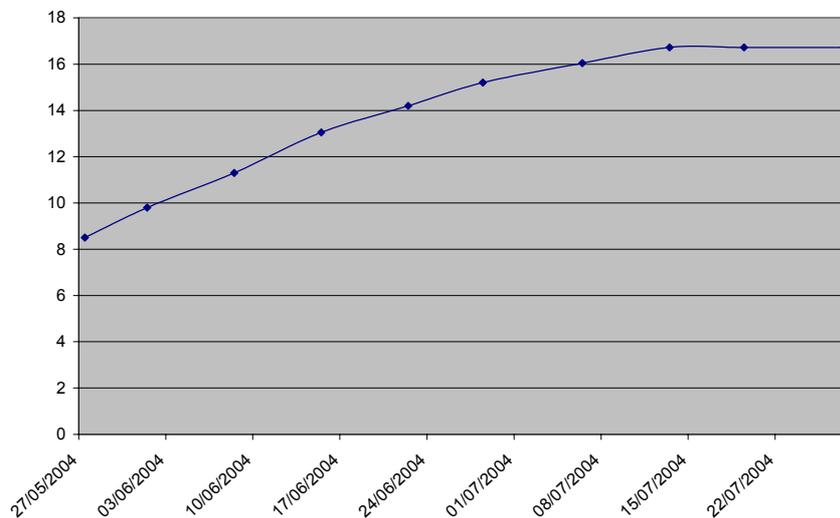
Rain fall and temperature in Montélimar (2004)



A Montélimar, le printemps et l'été ont été chauds et secs. Ces conditions climatiques, et en particulier le Mistral, n'ont donc pas été favorables au développement du mildiou. Quelques symptômes sont apparus fin Mai. Les premières pluies importantes ont eu lieu les 17 et 18 août

## 212– Croissance des rameaux

Growth rate of grapevine plants: Montélimar 2004  
Average number of leaves / shoot



La croissance a été régulière durant le début de la saison. Huit feuilles sont apparues en 47 jours. Le feuillage a été rabattu fin juin par le producteur.

## 213 – Observations sur grappes

| Modalités                               | Dose totale de cuivre métal en g/ha | 3 juin    |           | 16 juin   |           | 25 Août   |           |
|---|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   |                                     | fréquence | intensité | fréquence | intensité | fréquence | intensité |
| Trichodex                               |                                     | 0         | 0         | 0,5       | 0,5       | 0,5       | 0,1       |
| Phosphonate + cuivre (dose réduite)     | 1250                                | 3,5       | 1,65      | 1,5       | 1         | 0         | 0         |
| Tisane de saule                         |                                     | 2,5       | 1,4       | 2         | 1,3       | 0         | 0         |
| Armicarb                                |                                     | 1,5       | 0,85      | 2         | 1,7       | 1         | 0,275     |
| Phosphonate                             | 800                                 | 2,5       | 1,35      | 1         | 1         | 0         | 0         |
| Cuivre (dose élevée)                    | 2200                                | 3,5       | 2,275     | 1,5       | 1,15      | 0         | 0         |
| Témoin non traité                       |                                     | 2,5       | 1,65      | 2,5       | 1,85      | 2,5       | 0,275     |
| Extrait de yucca                        | 150                                 | 1,5       | 0,85      | 0,5       | 0,45      | 0,5       | 0,25      |
| Tisane de saule + cuivre (dose réduite) | 750                                 | 2,5       | 1,1       | 2,5       | 1,75      | 0,5       | 0,05      |
| cuivre (dose réduite)                   | 750                                 | 3,5       | 1,775     | 2,5       | 2,1       | 0         | 0         |

L'attaque de mildiou a été faible sur les grappes. Il est donc difficile de tirer des conclusions sur l'efficacité des produits.

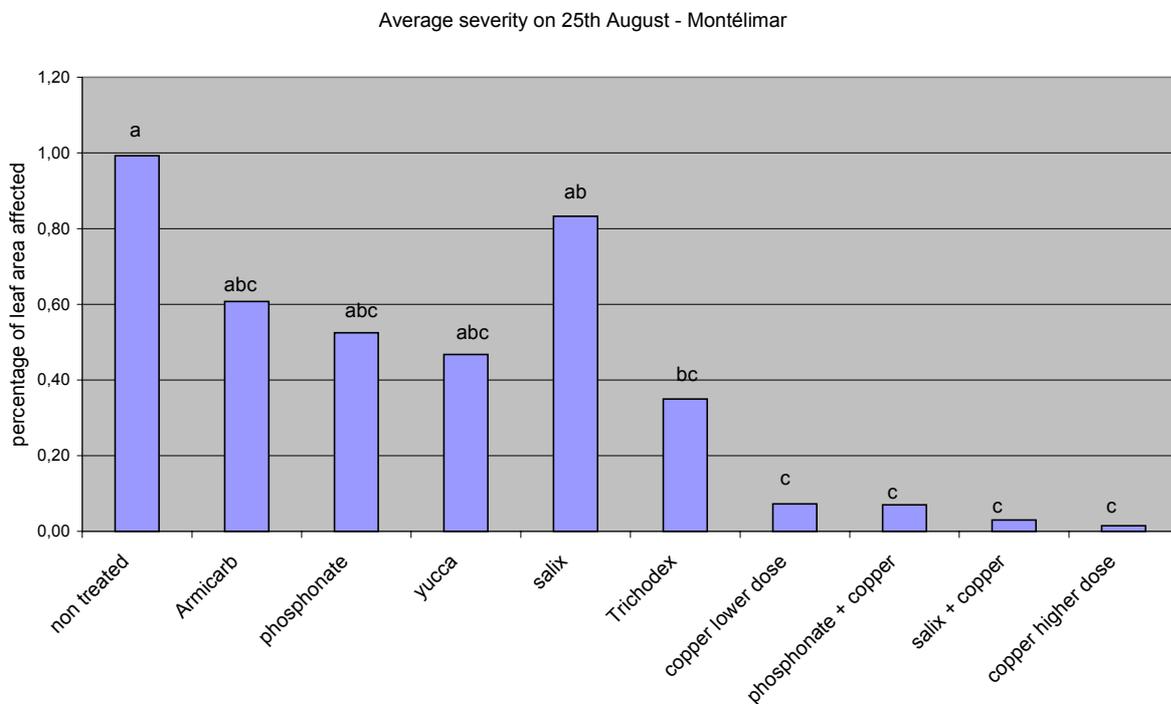
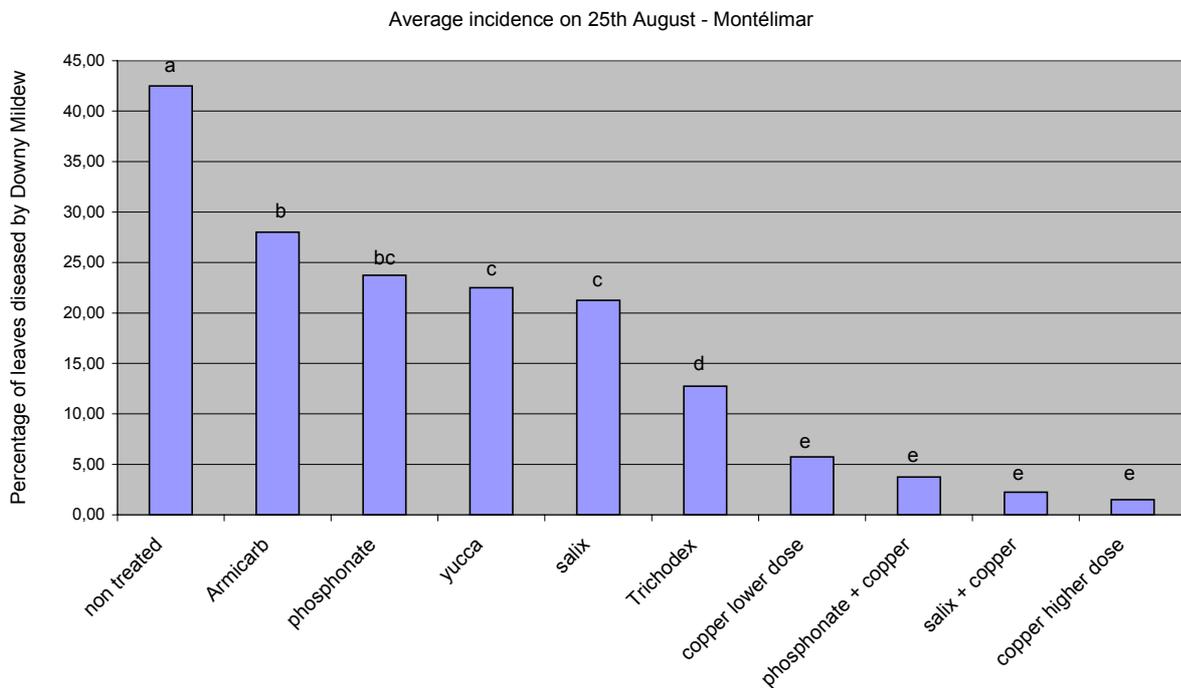
## 214 – Observations sur feuilles : fréquences et intensités moyennes :

| modalités                               | 3 juin    |           | 16 juin   |           | 25 Août   |           | 20 Septembre |           |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|
|   | fréquence | intensité | fréquence | intensité | fréquence | intensité | fréquence    | intensité |
| Extrait de yucca                        | 1,25      | 0,08      | 1,25      | 0,06      | 22,50 c   | 0,47 abc  | 83,25 a      | 3,78 b    |
| Trichodex                               | 1,00      | 0,05      | 1,25      | 0,09      | 12,75 d   | 0,35 bc   | 69,25 b      | 2,95 b    |
| Témoin non traité                       | 3,00      | 0,16      | 4,00      | 0,25      | 42,50 a   | 0,99 a    | 89,25 a      | 7,06 a    |
| Tisane de saule + cuivre (dose réduite) | 1,75      | 0,13      | 1,25      | 0,07      | 2,25 e    | 0,03 c    | 21,75 d      | 2,05 b    |
| Tisane de saule                         | 2,75      | 0,14      | 3,25      | 0,23      | 21,25 c   | 0,83 ab   | 82,25 a      | 2,77 b    |
| cuivre (dose élevée)                    | 1,25      | 0,08      | 1,25      | 0,08      | 1,50 e    | 0,02 c    | 4,25 f       | 2,00 b    |
| phosphonate + cuivre (dose réduite)     | 1,50      | 0,29      | 1,50      | 0,07      | 3,75 e    | 0,07 c    | 12,25 e      | 2,08 b    |
| phosphonate                             | 1,50      | 0,05      | 2,00      | 0,09      | 23,75 bc  | 0,53 abc  | 82,75 a      | 2,64 b    |
| cuivre (dose réduite)                   | 2,50      | 0,16      | 3,00      | 0,26      | 5,75 e    | 0,07 c    | 30,00 c      | 2,19 b    |
| Armicarb                                | 1,50      | 0,09      | 2,00      | 0,11      | 28,00 b   | 0,61 abc  | 83,75 a      | 2,78 b    |

Quand des différences significatives ont été détectées par l'analyse de variance, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes (Newman-Keuls 5%).

Les conditions climatiques n'ont pas été favorables au développement du mildiou. Quelques symptômes ont été observés sur les feuilles mais aucune différence significative n'apparaît le 3 et le 16 juin. Après les pluies du 17 août, les observations ont repris le 25 août.

Les deux dernières observations ont été réalisées afin d'évaluer l'efficacité des produits sur une attaque tardive. Le 25 août, l'observation a été faite sur tout le rameau (jeunes et vieilles feuilles) pour évaluer l'efficacité des produits appliqués pendant l'été. La dernière observation a été réalisée seulement sur des vieilles feuilles.

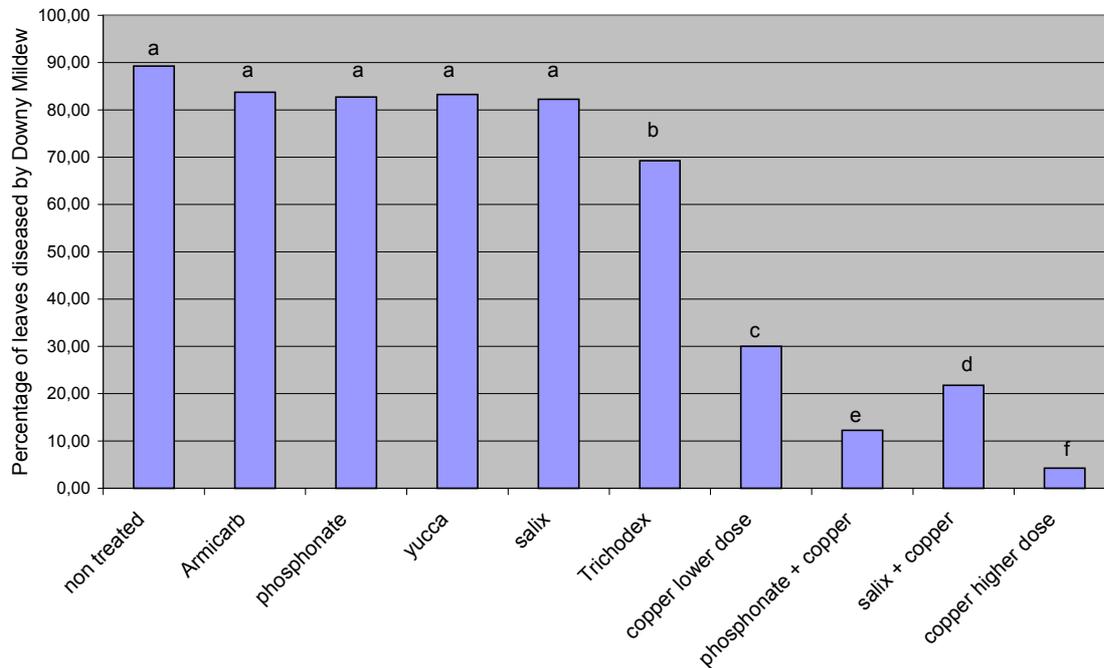


Le 25 août, des différences significatives apparaissent entre le témoin non traité et les modalités traitées. De plus, les modalités avec au moins un traitement cuivre ont été moins attaquées que les modalités non traitées au cuivre.

Concernant la fréquence et l'intensité le 25 août, aucune différence significative n'apparaît entre les doses réduites et les pleines doses de cuivre. La tisane de saule et le phosphonate ajoutés aux doses réduites de cuivre permettent d'améliorer l'efficacité du traitement au cuivre seul (à dose réduite).

Le niveau d'efficacité du Trichodex semble intermédiaire entre les modalités comportant du cuivre et les modalités n'en comportant pas.

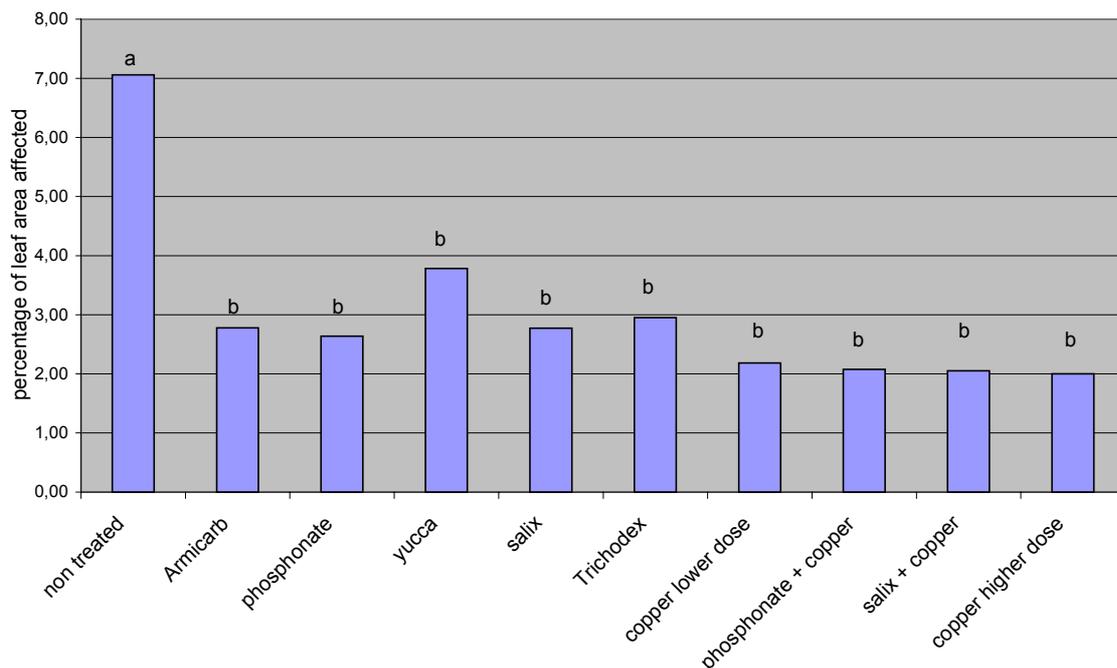
Average incidence on 20th September - Montélimar



Concernant la fréquence le 20 septembre, des différences significatives apparaissent entre les modalités traitées au cuivre et les autres.

La fréquence pour le Trichodex est là aussi intermédiaire entre les traitements comportant du cuivre et les autres traitements sans cuivre. La fréquence pour les modalités phosphonate + cuivre et tisane de saule + cuivre est significativement inférieure à la fréquence pour la modalité cuivre dose réduite.

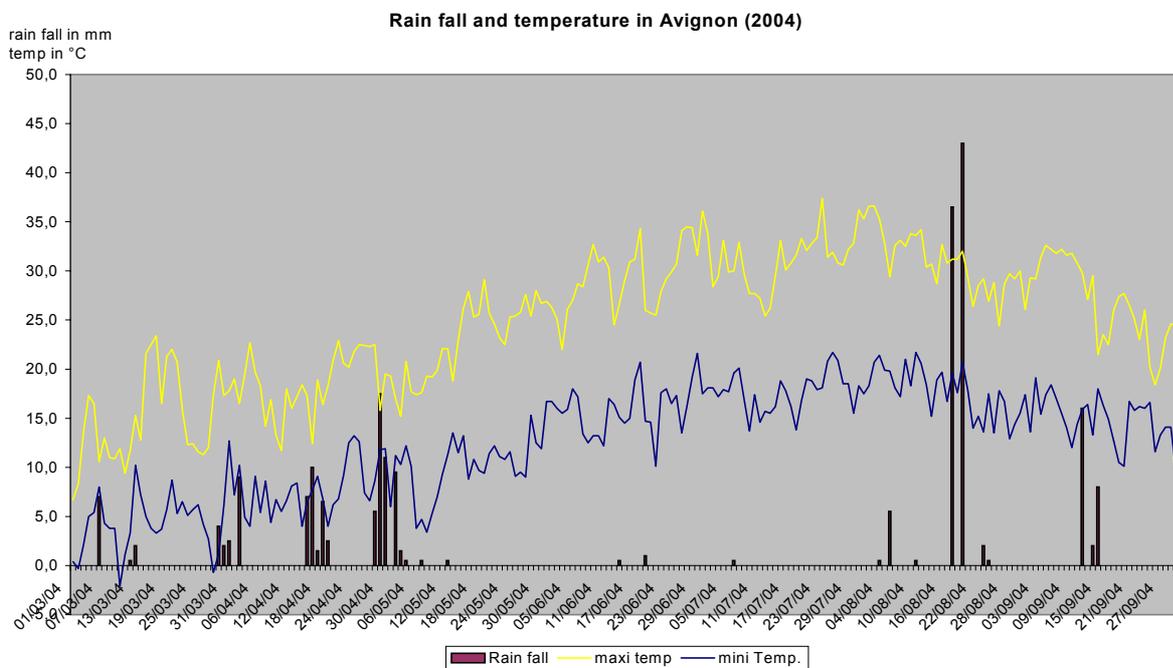
Average severity on 20th September - Montélimar



Concernant l'intensité le 20 septembre, le témoin non traité apparaît significativement différent des modalités traitées. Il n'y a pas de différence significative entre les modalités testées. La fréquence est faible, avec moins de 1% de surface foliaire attaquée dans le témoin non traité.

## 22 – Résultats à Avignon :

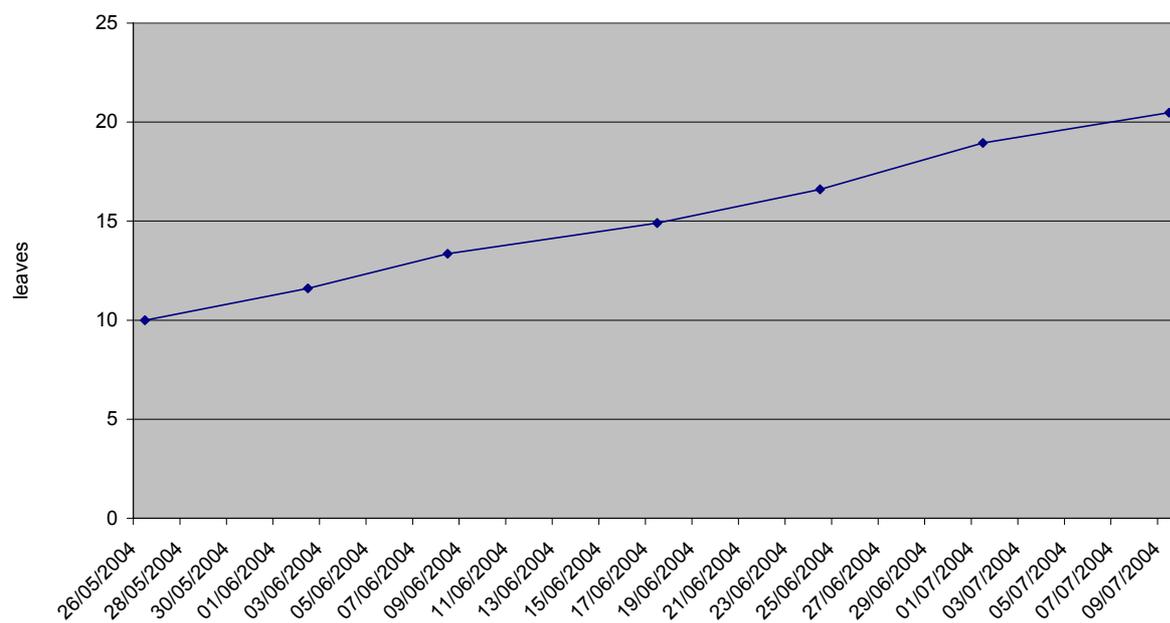
### 221 - Données météorologiques



Dans la région avignonnaise, le printemps et l'été ont été chauds et secs. Ces conditions climatiques n'ont pas permis un développement du mildiou. Les premières pluies importantes ont eu lieu les 17 et 18 août.

## 222 - Croissance des rameaux

Growth rate of grapevine plants : Avignon 2004  
average number of leaves / shoot



La croissance a été régulière durant le début de la saison. Dix feuilles sont apparues en 44 jours. Le feuillage a été rabattu fin juin par le producteur.

223 - Observations sur feuilles : fréquences et intensités moyennes :

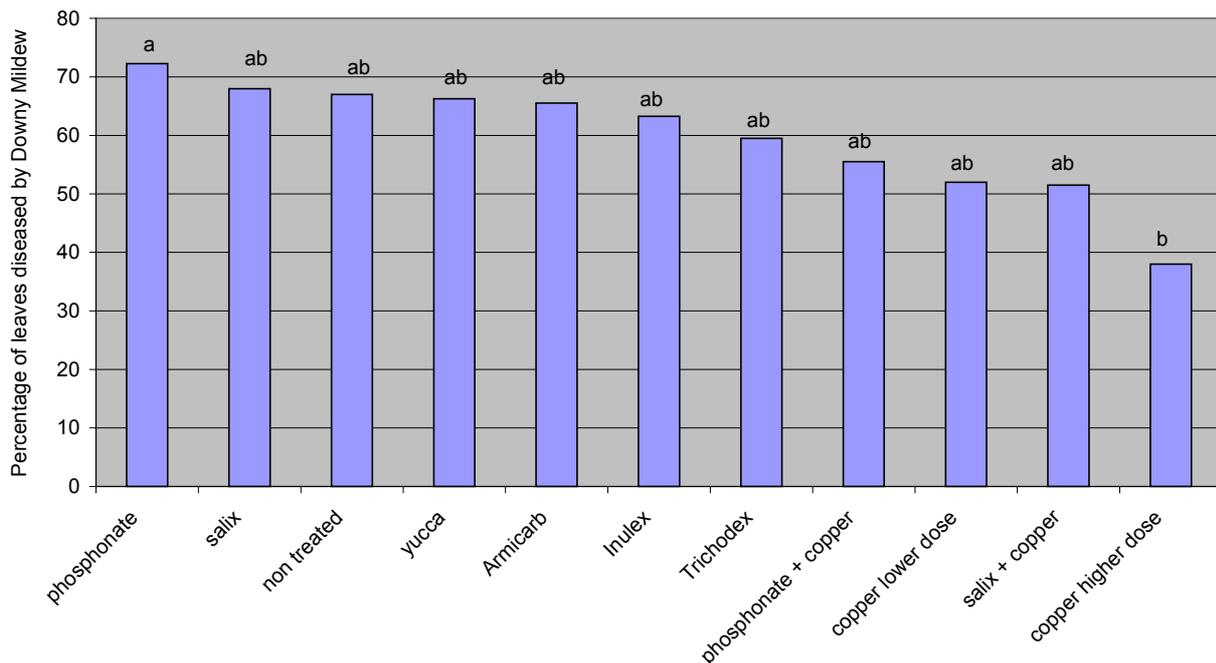
| modalités                                | Dose totale de cuivre métal (en g/ha) | 23 août   |           | 8 septembre |           | 16 septembre |           | 6 octobre |           |
|--|---------------------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|  |                                       | fréquence | intensité | fréquence   | intensité | fréquence    | intensité | fréquence | intensité |
| Témoin non traité                        |                                       | 13,00     | 1,03      | 67,00 ab    | 2,12      | 89,25 a      | 6,09      | 54,25     | 2,69      |
| phosphonate                              | 600                                   | 5,25      | 0,41      | 72,25 a     | 1,47      | 77,00 ab     | 3,89      | 33,75     | 1,53      |
| Tisane de saule                          |                                       | 19,00     | 3,55      | 68,00 ab    | 2,05      | 88,50 a      | 11,08     | 33,75     | 0,83      |
| Extrait de yucca                         | 150                                   | 15,75     | 2,58      | 66,25 ab    | 1,44      | 86,75 a      | 3,12      | 45,25     | 1,20      |
| Armicarb                                 |                                       | 10,75     | 1,50      | 65,50 ab    | 0,78      | 84,75 a      | 2,13      | 41,50     | 0,76      |
| Inulex                                   |                                       | 10,25     | 1,56      | 63,25 ab    | 0,39      | 81,00 ab     | 2,99      | 49,00     | 0,70      |
| Trichodex                                |                                       | 17,75     | 2,00      | 59,50 ab    | 0,71      | 88,50 a      | 6,47      | 49,00     | 2,08      |
| phosphonate + cuivre (dose réduite)dose) | 1050                                  | 6,00      | 0,26      | 55,50 ab    | 0,68      | 51,75 c      | 0,64      | 34,00     | 0,63      |
| cuivre (dose réduite)                    | 600                                   | 4,25      | 0,39      | 52,00 ab    | 0,23      | 56,75 c      | 0,87      | 51,50     | 1,12      |
| Tisane de saule + cuivre (dose réduite)  | 600                                   | 5,00      | 0,46      | 51,50 ab    | 0,45      | 63,75 bc     | 1,66      | 57,75     | 1,04      |
| cuivre (dose élevée)                     | 2200                                  | 6,25      | 0,80      | 38,00 b     | 0,58      | 31,25 d      | 0,49      | 38,25     | 0,64      |

Quand des différences significatives ont été détectées par l'analyse de variance, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes (Newman-Keuls 5%).

Les conditions climatiques n'ont pas été favorables au développement du mildiou (aucun symptôme n'a été observé sur le témoin non traité). Après les pluies du 17 août, les observations ont repris le 23 août.

Les quatre observations ont été réalisées afin d'évaluer l'efficacité des produits sur une attaque tardive. Le 23 août, l'observation a été faite sur tout le rameau (jeunes et vieilles feuilles) pour évaluer l'efficacité des produits appliqués pendant l'été. Les trois autres observations ont été réalisées seulement sur des vieilles feuilles. La dernière observation n'est pas représentative car beaucoup de feuilles étaient tombées, nous avons donc évalué la défoliation pour chaque modalité.

Average Incidence on 8th September - Avignon



Le 8 septembre, aucune différence significative n'apparaît entre les différentes modalités.

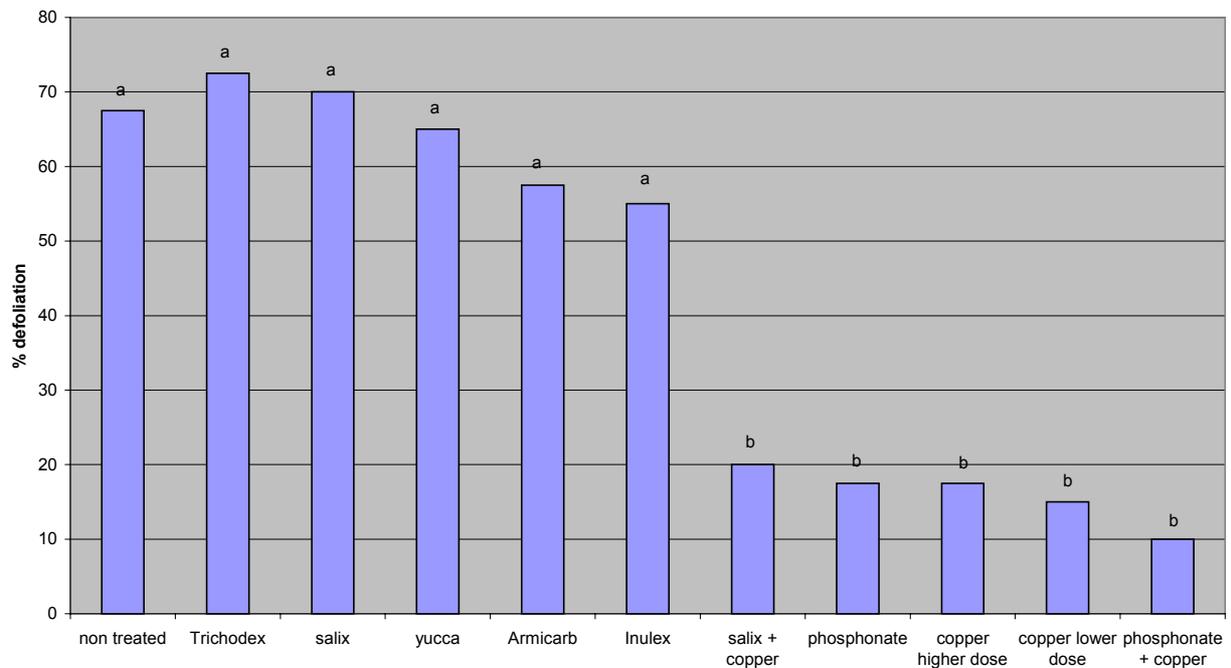
Le 16 septembre, après la pluie du 11 septembre, la fréquence moyenne de feuille attaquée augmente de 65% à 90% sur le témoin. Les modalités ayant reçu au moins une application contenant du cuivre sont moins attaquées que celle n'ayant pas reçu de cuivre. Les modalités tisane de Saule + cuivre, cuivre faible dose, phosphonate + cuivre et cuivre forte dose sont significativement différentes du témoin avec moins de 65% de feuilles attaquées comparé à 90% de feuilles attaquées dans le témoin. Les modalités tisane de Saule, Trichodex, extrait de Yucca, Armicarb ne sont pas différentes du témoin. Les modalités Inulex et phosphonate (qui a reçu un traitement cuprique le 25 août) sont intermédiaires avec 80% de feuilles attaquées.

La première application de cuivre (à faible dose) sur la modalité Yucca n'a eu aucun effet sur la fréquence d'attaque sur feuille : le produit appliqué a été lessivé par les différent événement pluvieux.

224 : Observation de la défoliation le 13 octobre.

| modalités                               | total amount of copper metal (g/ha) | Average defoliation |
|---|-------------------------------------|---------------------|
| Trichodex                               |                                     | 72,5 a              |
| Tisane de saule                         |                                     | 70 a                |
| Témoin non traité                       |                                     | 67,5 a              |
| Extrait de yucca                        | 150                                 | 65 a                |
| Armicarb                                |                                     | 57,5 a              |
| Inulex                                  |                                     | 55 a                |
| Tisane de saule + cuivre (dose réduite) | 600                                 | 20 b                |
| phosphonate                             | 600                                 | 17,5 b              |
| cuivre (dose élevée)                    | 2200                                | 17,5 b              |
| cuivre (dose réduite)                   | 600                                 | 15 b                |
| phosphonate + cuivre (dose réduite)     | 1050                                | 10 b                |

Defoliation on 13th October - Avignon



Concernant l'incidence des différents traitements sur la défoliation, on observe nettement deux groupes statistiquement différents : d'un côté toutes les modalités n'ayant reçu aucun produit cuprique et la modalité yucca (avec plus de 55% de défoliation), et de l'autre les modalités ayant reçu au moins un traitement cuprique (avec moins de 20% de défoliation).

### 3 - Discussion

Sur les deux sites, les conditions climatiques n'ont pas été favorables au développement du mildiou. Dans nos conditions expérimentales, les observations réalisées sur l'attaque tardive montrent que :

- le cuivre est plus efficace que les autres produits pour lutter contre le mildiou.
- parmi les traitements efficaces, la dose réduite de cuivre (montant total : 600 g ou 750 g/ha Cu métal) s'est montrée satisfaisante comparée à la dose élevée (montant total: 2200 g/ha Cu métal).

- la tisane de saule et le phosphonate ajoutés à un dose réduite de cuivre ont augmenté l'efficacité de cette même dose de cuivre seul
- l'efficacité du Trichodex est intermédiaire.

Ces conclusions sont issues d'une étude avec une faible pression de mildiou : l'intensité moyenne n'a pas dépassé 10% dans le témoin. Les résultats auraient été sûrement différents si la pression de la maladie avait été plus importante.

Tous les produits ont été appliqués selon une stratégie de produit de contact (comme le cuivre). Mais la meilleure stratégie pour les extraits de plantes ou les antagonistes (Trichodex) devrait être différente : le mode d'action est différent pour chaque produit et cela nécessite une stratégie particulière, propre à chaque produit, qui n'a pas été testée ici.