

## REDUCTION DES DOSES DE CUIVRE POUR LUTTER CONTRE LE MILDIU EN VITICULTURE BIOLOGIQUE : SYNTHESE DES ESSAIS 2001-2006 DU GROUPE DE TRAVAIL DE L'ITAB (2<sup>EME</sup> PARTIE)

Constant, N.<sup>1</sup>, Jonis, M.<sup>2</sup>

Afin d'anticiper la mise en place d'une nouvelle réglementation sur l'usage du cuivre en viticulture biologique à partir de 2002, l'ITAB a lancé en 2001 un programme visant à réduire les doses de cuivre pour lutter contre le mildiou. Ce programme s'est déroulé de 2001 à 2006. Fin 2006, une première synthèse des résultats obtenus au cours de ces 6 années d'expérimentation a été réalisée (cf Alter Agri n°80, nov-déc 2006, pp. 25- 30) concluant à l'efficacité de doses réduites de cuivre (demi voire quart de la dose d'homologation) pour lutter contre le mildiou. Cette première analyse montre qu'il n'y a pas d'écart statistique significatif d'efficacité entre les différentes doses de cuivre considérées. Par contre, plus la dose de cuivre diminue, plus la fréquence d'attaque risque d'être importante. Cette prise de risque doit être compensée par de meilleures observations au vignoble, une meilleure anticipation des traitements et une plus grande réactivité.

Plusieurs questions restent en suspens suite à ce premier travail : pour une même dose de cuivre, on constate une hétérogénéité de comportement selon les essais (cette hétérogénéité est d'autant plus importante pour les faibles doses de cuivre). Est ce que cette variabilité est uniquement due à une différence de pression mildiou selon les essais ou est ce que d'autres facteurs influencent cette efficacité ?

L'objectif de l'étude statistique réalisée en 2007 est d'apporter les réponses à ces questions.

### I) DESCRIPTION DE LA METHODE

Les résultats proviennent de 21 essais mis en place entre 2001 et 2006.

Les variables disponibles sur les essais étaient :

- variable qualitative : région, année, spécialité commerciale, forme de cuivre, cépage, date des différents traitements, date et stade des comptages, date des pluies
- variable quantitative : volume de pulvérisation, concentration en cuivre lors des traitements, nombre de traitement, dose de cuivre à chaque traitement, notations (fréquence et intensité sur feuilles et grappes) sur les modalités et le Témoin Non Traité (TNT), hauteur des pluies

Pour les besoins de l'analyse statistique, de nouvelles variables ont été créées :

- « précocité d'attaque » : cette variable prend en compte le niveau d'attaque du Témoin Non Traité (TNT) à la fin du mois de juin. Lorsque celui-ci est significatif (présence de mildiou sur feuille ou grappe supérieur à 70% en fréquence et 20% en intensité), la variable prend la valeur « oui ». La valeur « non » correspond aux autres situations.
- classes TNT : 3 variables ont été créées pour réaliser des classes de notation sur le TNT :
  - o Fréquence (feuilles ou grappes) : 3 classes : 0-50%, 50-85%, 85-100%
  - o Intensité (feuilles ou grappes) : 0-15%, 15-50%, 50-75%, 75-100%
  - o Dégâts (feuilles ou grappes) : 0-15%, 15-60%, 60-100%

L'analyse statistique utilisée est l'Analyse de Covariance. Celle-ci permet d'étudier et de hiérarchiser l'influence de facteurs qualitatifs et quantitatifs sur une variable donnée, en l'occurrence les notations en fréquence et intensité des différentes modalités étudiées.

<sup>1</sup> Association Interprofessionnelle des Vins Biologiques du Languedoc-Roussillon (AIVB-LR), Mas de Saporta, CS 40031, 34875 Lattes cedex, E-mail : constant.aivb@wanadoo.fr

<sup>2</sup> Institut Technique de l'Agriculture Biologique, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, E-mail : monique.jonis@itab.asso.fr, Internet www.itab.asso.fr

Dans les 21 essais pris en compte pour réaliser ce travail de synthèse, les comportements de trois modalités sont comparés entre elles et avec un Témoin Non Traité (TNT, ceps ne recevant aucune protection cuprique). Les trois modalités sont dénommées « ½ dose », « ¼ dose » et « variation dose ». La modalité « Pleine dose », étudiée dans la première partie de cette synthèse en 2006, n'est pas reprise ici par manque de résultats sur les variables étudiées.

Le tableau n°1 résume les doses utilisées.

**Tableau n°1 : Apports de cuivre selon les modalités**

Modalités	Dose de cuivre métal/application	Dose totale de cuivre métal
½ dose	600-850 g	4,7 – 8 kg
¼ dose	300-500 g	2,7 – 4 kg
Variation dose	170-680 g	3 – 6,8 kg

Pour un essai et une modalité donnés, le produit utilisé est le même durant toute la campagne. Pour les modalités « ½ dose » et « ¼ dose », la quantité de cuivre par traitement est identique tout au long de la campagne. Les fourchettes présentées dans le tableau n°1 sont les variabilités que l'on rencontre entre essais pour une même modalité. Pour la modalité « Variation de dose », les quantités de cuivre augmentent avec le développement de la végétation (moins de 500 g avant le stade nouaison et plus de 500 g au delà) : la fourchette recouvre la variabilité intra-essai entre les différents traitements et la variabilité inter-essais.

## II) RESULTATS EN FREQUENCE D'ATTAQUE

L'analyse multifactorielle (Analyse de Covariance) fait ressortir que le principal facteur qui explique la variabilité de comportement des différentes doses de cuivre est la **pression de la maladie**, qui se traduit par l'attaque sur le TNT.

A elle seule, la notation sur le TNT explique entre 34 et 60% de variabilité observée sur les notations en fréquence des différentes modalités (cf R<sup>2</sup> dans le tableau n°1).

**Tableau n°2 : Part de la variabilité des notations des différentes modalités expliquée par la notation sur le TNT - résultat de régression linéaire simple**

	Fréquence sur feuilles		Fréquence sur grappes	
	R <sup>2</sup>	Pr>F	R <sup>2</sup>	Pr>F
½ dose	0,45	< 0,0001	0,6	< 0,0001
¼ dose	0,34	0,004	0,47	0,002
Variation dose	0,41	< 0,0001	0,57	< 0,0001

Pour une modalité donnée, la part de variabilité expliquée par le TNT est proportionnellement plus importante sur grappes que sur feuilles. Sur grappes, le niveau de protection assuré par les traitements cupriques dépend plus de la pression de la maladie.

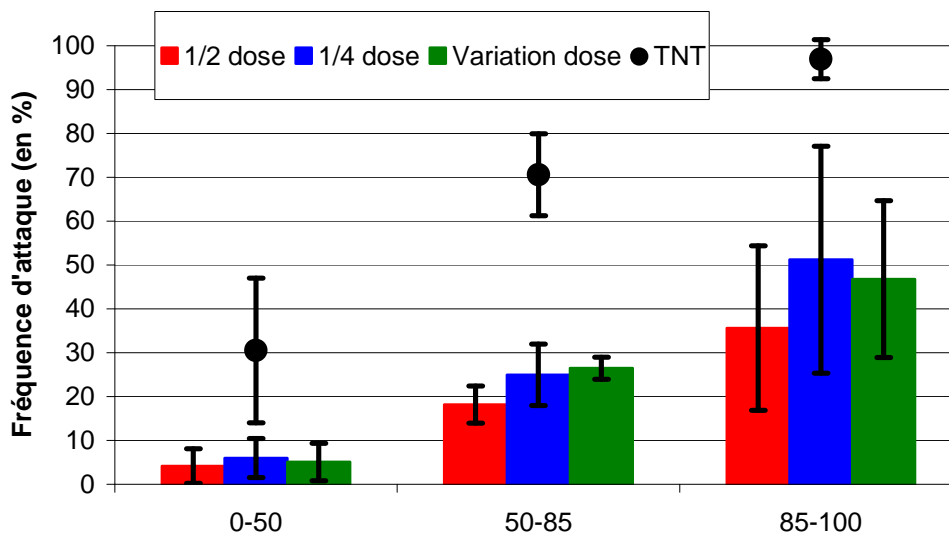
La seconde variable la plus influente sur le comportement des modalités est la précocité de l'attaque. Ces deux variables expliquent généralement plus de 50% de la variabilité observée sur les différentes modalités.

L'ensemble des autres facteurs (volume de pulvérisation, concentration en cuivre lors des traitements, nombre de traitement, dose de cuivre à chaque traitement) n'ont pas d'influence significative sur le comportement des différentes modalités. Par contre, en tendance, on peut noter un effet de la dose de cuivre sur le comportement de la modalité « ¼ dose » sur grappes (fréquence et intensité, cf plus loin).

a) Fréquence sur feuilles

L'effet du niveau d'attaque du TNT sur le comportement des modalités est illustré dans la figure n°1 qui représente les moyennes et écart types des notations en fréquence sur feuilles des différentes modalités en fonction des classes d'attaque sur le TNT (0-50%, 50-85%, 85-100% d'attaque en fréquence).

**Figure n°1 : Moyenne et écart-type des attaques en fréquence sur feuilles des différentes modalités en fonction des classes de notation dans le TNT**



Modalités	Classes TNT					
	0-50		50-85		85-100	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
1/2 dose	4,2	3,9	18,2	4,2	35,6	18,7
1/4 dose	6	4,4	4,9	7	51,2	25,8
Variation dose	5,1	4	26,5	2,5	46,8	17,8
TNT	30,5	16,5	70,6	9,3	96,9	4,4

Lorsque l'attaque sur le TNT est inférieure à 50%, les fréquences d'attaque des différentes modalités, ainsi que leur variabilité (= écart type) sont très proches et faibles (environ 5%).

Pour des niveaux d'attaque du TNT entre 50 et 85%, les comportements des différentes modalités restent relativement comparables, mais les niveaux d'attaque sont significativement plus importants que dans la première classe.

Pour des niveaux d'attaque au delà de 85% dans le TNT, le niveau d'attaque et les écarts types des trois modalités sont plus élevés. Au seuil de 10%, la modalité 1/2 dose présente un niveau d'attaque statistiquement inférieur aux deux autres modalités.

Pour les modalités « 1/2 dose » et « variation dose », la précocité de l'attaque explique 11% de la variabilité restante : les fréquences d'attaque sont significativement plus importantes sur les modalités « 1/2 dose » et « variation dose » quand l'attaque est « précoce », c'est à dire quand le niveau de dégâts sur le TNT est déjà conséquent fin juin.

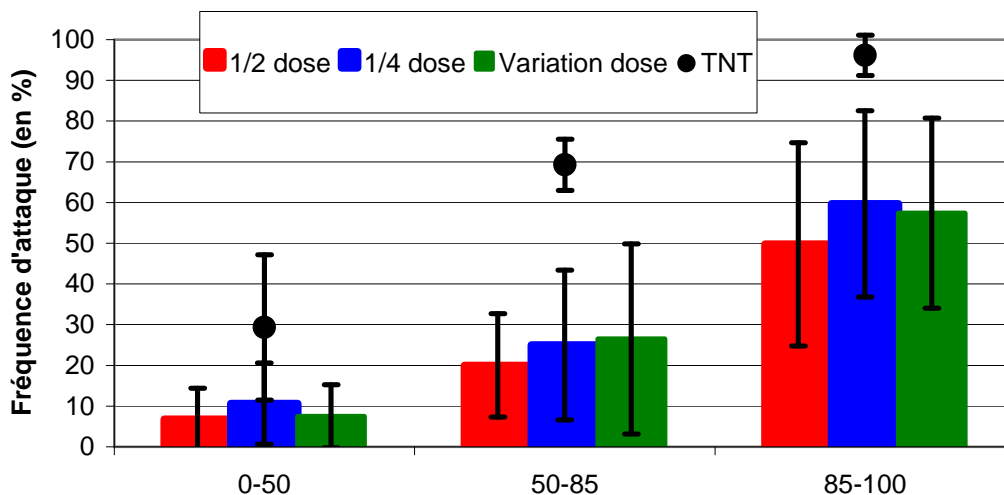
La réponse de la modalité « 1/4 dose » est moins corrélée au niveau d'attaque sur le TNT que pour les autres modalités. Sur feuilles, le stade de comptage est le principal facteur expliquant la variabilité observée : lors des notations précoces (nouaison, fermeture de la grappe), les attaques de mildiou sont statistiquement plus faibles que lors des notations plus tardives (véraison, récolte) :

lors d'attaques significatives de mildiou, l'efficacité de la modalité « ¼ dose » décroît lorsque l'on s'approche de la récolte. Son efficacité n'est donc pas suffisante pour protéger le feuillage jusqu'à la vendange.

**b) Fréquence sur grappes**

Sur grappes, nous retrouvons les mêmes types de comportement que sur feuilles : résultats entre les modalités proches dans les deux premières classes, niveau d'attaque significativement plus important dans la seconde classe, niveau d'attaque et variabilité nettement supérieurs dans la troisième classe.

**Figure n2 : Moyenne et écart-type des attaques en fréquence sur grappes des différentes modalités en fonction des classes de notation dans le TNT**



Modalités	Classes TNT					
	0-50		50-85		85-100	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
½ dose	6,7	7,6	20	12,7	49,7	25
¼ dose	10,6	10	25	18,4	59,7	22,9
Variation dose	7,5	7,8	26,5	23,3	57,3	23,3
TNT	29,3	17,9	69,25	6,3	96,1	5

La différence majeure entre les notations sur feuilles et sur grappes est la variabilité des réponses : au sein d'une même classe pour une modalité donnée, la variabilité est plus forte sur grappes que sur feuilles.

Pour les modalités « ½ dose » et « ¼ dose », les stades de comptage expliquent en partie cette variabilité. Plus la notation est proche de la récolte, plus les attaques en fréquence sur grappes sont importantes

Pour la modalité « ¼ dose », on note un effet de la dose de cuivre. Pour les attaques les plus conséquentes sur le TNT, la dose de 300 g de cuivre métal est légèrement moins efficace qu'une dose de 400 g voire plus. Cet écart est significatif au seuil de 10%.

### III) RESULTATS EN INTENSITE D'ATTAQUE

La part de variabilité expliquée par la notation en intensité dans le TNT des différentes modalités est inférieure à ce qu'elle était en fréquence. Cependant, elle permet d'expliquer entre 13 et 60% de la variabilité des différentes modalités. Comme pour la fréquence, la part de variabilité expliquée par le TNT est supérieure pour les notations sur grappes par rapport à celle sur feuilles. Pour l'intensité d'attaque sur feuille pour la modalité « ½ dose », la précocité d'attaque qui explique majoritairement son comportement ( $R^2 = 0,45$ ). Cette précocité d'attaque explique également une part non négligeable de la variabilité observée pour les intensités sur grappes des « modalités ¼ » et « variation dose », respectivement  $R^2 = 0,32$  et  $0,44$ .

**Tableau n°3 : Part de la variabilité des notations des différentes modalités expliquée par la notation sur le TNT - résultat de régression linéaire simple**

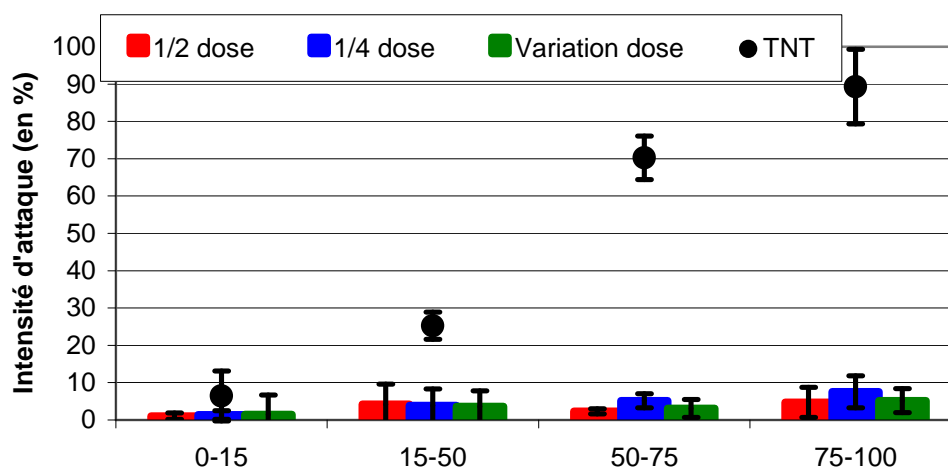
	Intensité sur feuilles		Intensité sur grappes	
	R <sup>2</sup>	Pr>F	R <sup>2</sup>	Pr>F
½ dose	0,13	0,033	0,52	<0,0001
¼ dose	0,32	0,006	0,42	0,005
Variation dose	0,6	<0,0001	0,47	0,001

Compte tenu de ces résultats, la suite de l'étude analysera la variabilité de réponse des différentes modalités au sein des différentes classes d'intensité du TNT, sur feuilles et grappes.

#### a) Intensité sur feuilles

La figure n°3 présente le comportement des différentes modalités en intensité sur feuilles au sein des différentes classes du TNT.

**Figure n°3 : Moyenne et écart-type des attaques en intensité sur feuilles des différentes modalités en fonction des classes de notation dans le TNT**



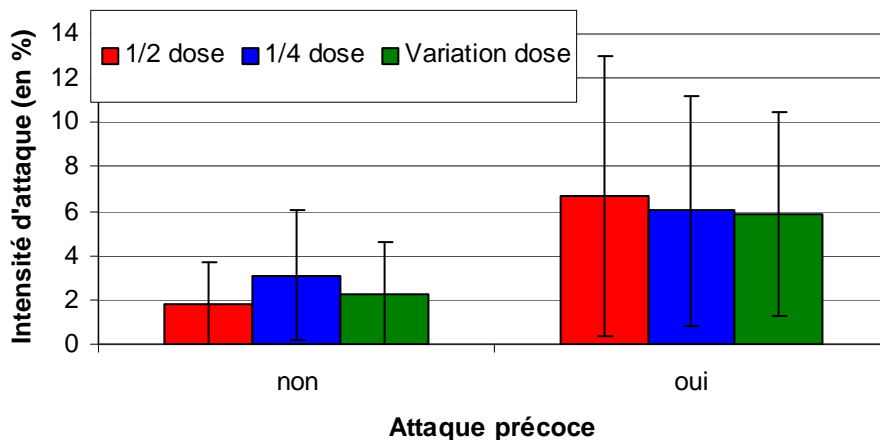
Modalités	Classes TNT							
	0-15		15-50		50-85		85-100	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
½ dose	1	0,9	4,2	5,4	2,3	0,7	4,8	4
¼ dose	1,4	1,2	3,8	4,5	5,1	1,9	7,6	4,3
Variation dose	1,4	5,3	3,6	4,2	3,1	2,4	5,2	3,2
TNT	6	6,6	25	3,6	70	5,8	89	10

Les niveaux d'attaque et de variabilité d'intensité sont inférieurs à ce qu'ils étaient en fréquence. Dans ces essais, le niveau d'attaque en intensité sur feuilles est systématiquement inférieur à 10% en moyenne, quelque soit le niveau d'attaque sur le TNT. Les maxima sont inférieurs à 15%.

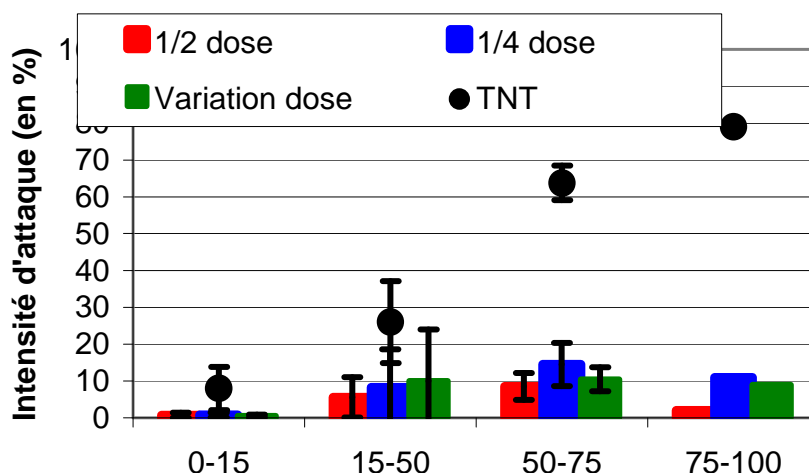
Le niveau d'attaque sur les modalités est significativement corrélé à l'attaque sur le TNT ( $P > F = 0,02$ ). Cependant le coefficient de détermination n'est que de 16%. La précocité de l'attaque présente un coefficient de détermination légèrement plus élevé, de 20% ( $P > F = 0,001$ ), (voir figure n°4).

La variabilité du comportement des doses de cuivre est beaucoup plus faible que celle observée sur les notations en fréquence.

**Figure n°4 : Moyenne et écart-type des attaques en intensité sur feuilles des différentes modalités en fonction de la précocité de l'attaque**



**Figure n°5 : Moyenne et écart-type des attaques en intensité sur grappes des différentes modalités en fonction des classes de notation dans le TNT**



Modalités	Classes TNT							
	0-15		15-50		50-85		85-100	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
½ dose	0,7	0,7	5,6	5,5	8,5	3,7	2	-
¼ dose	0,8	0,6	8,2	10,3	14,5	5,9	11	-
Variation dose	0,5	0,4	10	14,1	10,5	3,3	9	-
TNT	8	5,8	26	11,1	63,8	4,7	79	-

Pour des attaques sur le TNT inférieures à 15%, le mildiou est quasiment inexistant sur grappes dès lors que l'on apporte du cuivre. Au delà de ce niveau d'attaque sur le TNT, le niveau de protection au sein d'une modalité donnée dépend de la précocité d'attaque. Bien que cet effet ne soit pas statistiquement significatif, les intensités d'attaque sont généralement plus fortes sur pour les essais dans lesquels l'attaque a été précoce.

La modalité « ¼ dose » regroupe des essais dans lesquels la dose de cuivre utilisée est comprise entre 300 et 500 g. Cet « effet dose » est significatif pour les données des trois classes supérieures de notation sur le TNT : lorsque le TNT n'est touché qu'à moins de 15%, les différentes doses de cuivre utilisées ont une efficacité comparable. Par contre, lorsque le TNT est atteint à plus de 15%, « l'effet » dose » est significatif : la dose de 300 g présente des intensités d'attaque systématiquement plus élevées que les doses supérieures ou égales à 400 g. Il semblerait donc que la dose de 300 g soit une dose critique d'efficacité dans les conditions des essais.

#### IV) RESULTATS SUR LES DEGATS

La fréquence représente le pourcentage d'organes (feuilles ou grappes) présentant au moins une tache de mildiou. L'intensité représente le pourcentage de surface couverte par le mildiou sur ces organes. Le produit des deux notations Fréquence X Intensité donne une estimation des dégâts réels de mildiou sur la parcelle. Dans la suite de l'article, cette notion sera appelée « dégâts ».

Par construction de cette variable « dégâts », les facteurs qui influencent le plus les fréquences et intensités d'attaque expliquent également la majorité de la variabilité de cette variable. Ainsi, les dégâts sur le TNT sont le facteur le plus important. Le tableau n°3 résume la part de variabilité des dégâts sur feuilles et sur grappes des différentes modalités expliquée par le TNT.

**Tableau n°3 : Part de la variabilité des notations des différentes modalités expliquée par la notation sur le TNT - résultat de régression linéaire simple**

	Intensité sur feuilles		Intensité sur grappes	
	R <sup>2</sup>	Pr>F	R <sup>2</sup>	Pr>F
½ dose	0,25	0,002	0,45	<0,0001
¼ dose	0,48	0,001	0,31	0,021
Variation dose	0,56	<0,0001	0,42	0,002

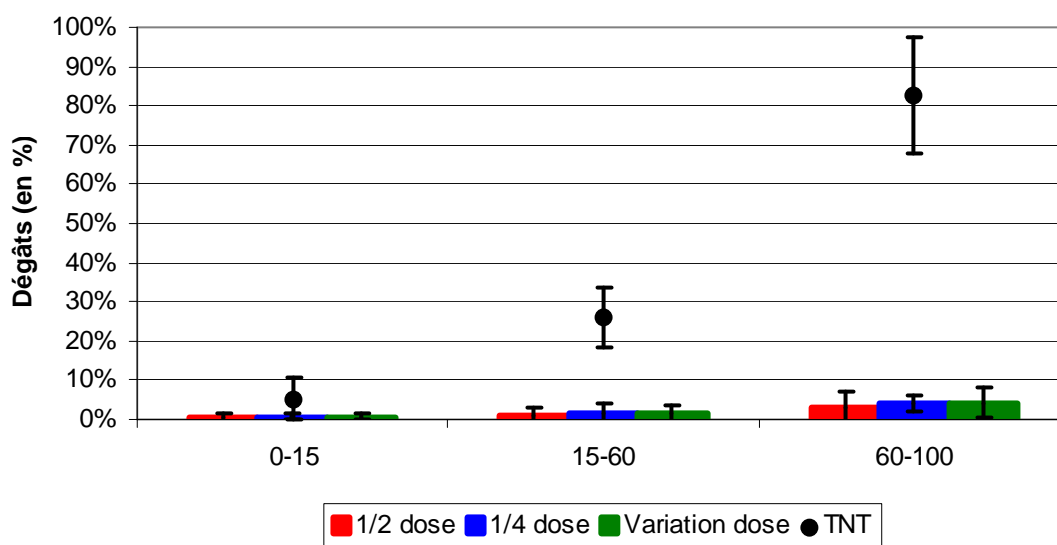
Sur feuilles et sur grappes, la corrélation entre les dégâts et l'intensité d'attaque est supérieure à celle avec la fréquence. La quantité de dégâts est davantage liée au développement en intensité qu'en fréquence. Une fréquence élevée d'attaque ne se traduit pas forcément par un niveau de dégâts important par contre lorsque l'intensité d'attaque est importante (auquel cas la fréquence d'attaque l'est également) le niveau d'attaque est plus important.

Les figures n°6 et 7 représentent les niveaux de dégâts sur feuilles (n°6) et sur grappes (n°7) des différentes modalités en fonction des classes de dégâts observés sur le TNT (0-15%, 15-60%, 60-100%).

#### a) Dégâts sur feuilles

Quel que soit le niveau de dégâts observés sur le TNT, les moyennes des dégâts des différentes modalités sont inférieures à 5%, avec des maxima autour de 10%. Une protection régulière tout au long de la campagne à base de faibles doses de cuivre suffit à maintenir un feuillage peu atteint jusqu'à la récolte.

**Figure n°6 : Moyenne et écart-type des « dégâts » s sur feuilles des différentes modalités en fonction des classes de notation dans le TNT**





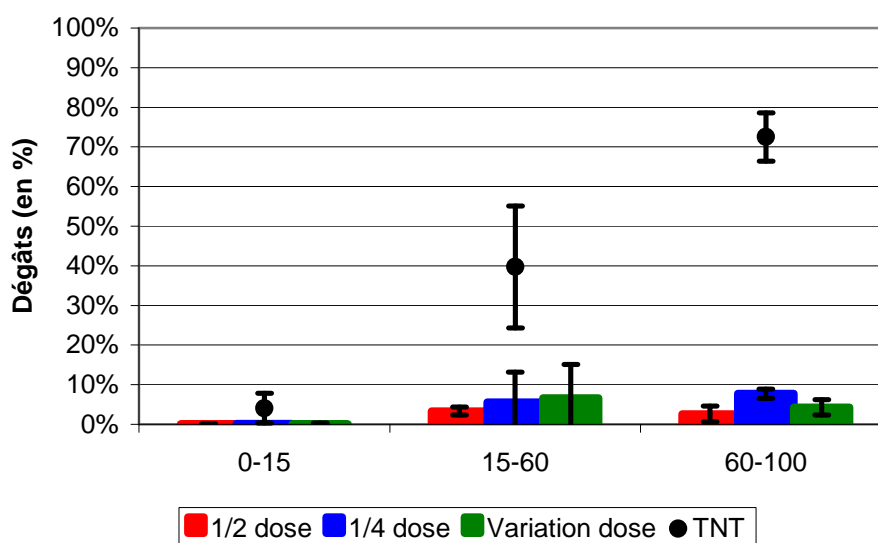
Modalités	Classes TNT					
	0-15		15-60		60-100	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
½ dose	0,5	0,8	1,1	1,9	3,3	4
¼ dose	0,7	0,8	1,5	2,6	4,1	2
Variation dose	0,7	0,9	1,4	2,2	4,3	3,7
TNT	5,3	5,5	25,9	7,7	82,7	14,8

La précocité de l'attaque est le second facteur qui explique la variabilité des dégâts des différentes modalités : des attaques précoces entraînent généralement des dégâts plus importants que des attaques plus tardives sur les différentes modalités cupriques. Par contre, ce n'est pas le cas sur le TNT : la moyenne des dégâts lors d'attaques « tardives » est de 28,7% contre 26,5% en cas d'attaques précoces. La dynamique d'attaque tardive peut être suffisamment rapide pour détruire une partie du feuillage s'il n'a reçu aucune protection cuprique à cette date. Des apports cupriques, même à faible dose, évite ce genre de cinétique.

#### b) Dégâts sur grappes

Comme pour les dégâts sur feuilles, les dégâts sur grappes (= perte de récolte) moyens sont inférieurs à 10% sur les différentes modalités même en cas d'attaque très forte (> 60%) sur le TNT. Par contre, les écarts types et les maxima sont plus élevés que sur feuilles. Dans les essais retenus pour cette étude, les pertes de récolte peuvent s'élever à 20%. Dans d'autres essais (non pris en compte ici), les pertes de récolte peuvent avoisiner les 50% !

**Figure n°6 : Moyenne et écart-type des « dégâts » sur grappes des différentes modalités en fonction des classes de notation dans le TNT**



Modalités	Classes TNT					
	0-15		15-60		60-100	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
½ dose	0,1	0,06	3,3	1	2,6	2
¼ dose	0,2	0,16	5,6	7,6	7,8	1,2
Variation dose	0,1	0,18	6,7	8,4	4,2	2
TNT	4,1	3,7	39,7	15,4	72,5	6,1

Les deux facteurs principaux permettant d'expliquer les variations d'efficacité des modalités sont encore une fois le niveau d'attaque dans le TNT et la précocité d'attaque. Les attaques précoces sont plus difficiles à maîtriser sur grappes que les attaques tardives.

Pour le TNT, la précocité de l'attaque influence les dégâts obtenus à la récolte : 31,7% en cas d'attaque « tardive », 45,5% en cas d'attaque « précoce ». Compte tenu de la définition de la précocité dans cette étude (lié à la présence significative ou non de mildiou à la fin du mois de juin), ces résultats ne sont pas surprenants : les attaques « précoces » peuvent être des attaques sur inflorescences que l'on sait être très dommageables pour la récolte.

## V) INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

### Réduction du nombre de traitements

Pour l'ensemble des essais, l'application des produits s'est faite par appareil à dos. De plus, l'objectif principal des essais était de tester l'efficacité de dose réduite de cuivre. Les applicateurs ont donc apporté un soin particulier dans le positionnement des traitements : lorsque l'on regarde le régime des pluies et les dates des applications, on constate que dans tous les essais, les épisodes pluvieux ont systématiquement été anticipés par une protection cuprique (au plus 5 jours s'écoulaient entre le traitement et la pluie suivante). On peut donc considérer que l'application des produits cupriques a été relativement optimale.

Cependant, dans certains essais le test de règles de décision a été ajouté à celui de différentes doses de cuivre. Dans ces essais, il est donc possible de comparer l'efficacité de différentes stratégies de déclenchement de traitement à dose de cuivre comparable.

Dans ces essais, deux stratégies sont comparées : l'une consistant à traiter dès l'annonce d'une pluie contaminatrice et l'autre après l'apparition des premiers symptômes dans la parcelle d'essai. Parmi les 21 essais, 5 comparaient ces deux modalités. Dans quatre d'entre eux, les attaques de mildiou ont été extrêmement faibles. Lors des notations, il n'y avait pas de différence statistique entre la modalité d'apport de ½ dose de cuivre dès la contamination et l'attente de 2 cycles. Dans ces essais, les économies de cuivre sont en moyenne de 49,25% par rapport à la modalité de référence « ½ dose ».

Par contre, dans un des essais, l'attaque de mildiou a été plus conséquente (au stade début véraison : l'attaque sur le TNT était de 92% en fréquence et 27% en intensité sur feuilles et 88% en fréquence et 61,4% en intensité sur grappes). Dans ces conditions, la modalité retardant l'application du premier traitement présente une efficacité statistiquement inférieure en fréquence sur feuilles et sur grappes. Par contre, en intensité, bien qu'inférieure, elle n'est pas statistiquement différente.

De même, l'arrêt prématuré de la protection cuprique n'est pas préjudiciable à la protection contre le mildiou lorsque l'attaque est modérée. Par contre, les dégâts peuvent être beaucoup plus importants si la pression mildiou est significative.

La comparaison de ces résultats rappelle l'intérêt de la réduction du nombre de traitement sur la réduction globale des apports cupriques lors des années à faible pression de maladie et souligne le risque que cela représente lors des années à pression conséquente.

### Choix de la forme de cuivre ?

Dans les rares essais, dans lesquels les différentes formes de cuivre étaient comparées, la forme hydroxyde de cuivre présente souvent une efficacité légèrement supérieure à la forme sulfate. Cependant, les écarts ne sont jamais significatifs à dose de cuivre comparable. La faiblesse des écarts constatés ne justifient pas d'alterner les formes de cuivre au cours d'une année. Une telle pratique complique la gestion des stocks de produits et augmente le risque d'erreur de dosage dans la mesure où les formes sulfates et hydroxydes ne présentent pas les mêmes concentrations en cuivre.

L'ensemble des essais ont été réalisés avec des produits dont la dose d'homologation est inférieure ou égale à 1500 g de cuivre métal/ha. Ces résultats ne présagent pas de l'efficacité des produits dont les doses d'homologation sont supérieures, utilisés à de telles doses réduites.

## CONCLUSION

La **pression mildiou** et la **précocité d'attaque** sont les principaux facteurs qui permettent de comprendre le niveau d'attaque sur les modalités ½, ¼ dose et variation dose de cuivre. La notion de dose de cuivre n'intervient que pour les notations en intensité sur grappes, lorsque le niveau d'attaque dans le TNT est supérieur à 15% : dans ces conditions, **la dose de 300 g de cuivre est moins efficace que des doses supérieures ou égales à 400 g.**

Le cumul annuel de cuivre, la concentration en cuivre dans la bouillie de traitements, la moyenne de dose de cuivre lors de la première application et des autres ne permettent pas d'expliquer les niveaux d'attaque observés.

Les enseignements tirés de ces essais nous offrent quelques éléments de réflexion pour définir les stratégies à mettre en œuvre pour la protection contre le mildiou dans un contexte de réduction des doses de cuivre.

Les principaux facteurs qui agissent sur le comportement des modalités des doses de cuivre (pression parasitaire et précocité de l'attaque) sont des facteurs sur lesquels les viticulteurs n'ont peu voire pas de prise directe. Les seuls moyens dont ils disposent sont de mettre en œuvre les mesures prophylactiques pour créer un climat défavorable à l'installation du mildiou dans ses parcelles. S'ils ne peuvent agir directement sur ces paramètres, il n'en demeure pas moins qu'il est indispensable qu'ils se tiennent informés de leurs évolutions.

L'intégration de l'information doit se faire à différente échelle :

- ✓ Parcelle – exploitation : par le biais des observations personnelles,
- ✓ Locale : par l'intermédiaire de discussions avec d'autres vignerons ayant des parcelles à proximité,
- ✓ Petite région : par la lecture des bulletins phytosanitaires, qui en plus de donner des informations sur la situation en cours fournissent des renseignements sur la dynamique à venir de la maladie par le biais de la modélisation.

Une fois la situation connue, les viticulteurs peuvent adapter leurs pratiques à la situation :

1. Lorsque la pression mildiou est faible, la réduction des doses jusqu'à 300 g par traitement est possible,
2. Lorsque la pression est moyenne et que l'installation du mildiou est progressive, il est envisageable de travailler les produits à une dose autour de 400 g de cuivre métal par traitement. En dessous de cette dose, les risques de propagation sur les grappes et de déficit de protection du feuillage au moment de la vendange sont importants.
3. Lorsque l'attaque est forte, et particulièrement si elle est précoce (mai-début juin), il semble hasardeux d'utiliser les produits en dessous de 600-800 g de cuivre métal par traitement.

Ces doses sont données pour des vignes de vigueur moyenne. En cas de vignes avec un fort entassement de végétation ou un historique mildiou important (ces deux éléments sont parfois liés), les doses doivent être revues à la hausse. Cependant, dans aucune situation, l'utilisation de dose supérieure à 1000 g par traitement n'est justifiée.

Même à ces doses, lorsque la pression est particulièrement forte, la présence de mildiou est inévitable sur feuilles et grappes. **L'intensité des dégâts est fonction de la possibilité d'apporter le cuivre aux moments opportuns.** Le risque est maximum lorsque les conditions météorologiques imposent au viticulteur des « trous » dans la protection du vignoble. Le millésime 2007 en atteste....

Pour s'affranchir des incertitudes sur les prévisions des risques, il est possible **d'apporter une dose de cuivre plus élevée en début de campagne (600 g) et de réduire la dose (300 g) après le stade nouaison.** Cette stratégie, déjà mise en œuvre par certains producteurs, a été testée avec succès en 2006 par l'AIVB-LR en contexte de forte pression parasitaire.

La modalité consistant à avoir un raisonnement opposé (dose de cuivre initiale faible (300-400 g) puis croissante en fonction du développement végétatif) n'apporte pas de gain d'efficacité significatif par rapport à la modalité apportant 300 g toute la campagne, pour des doses annuelles de cuivre souvent supérieures. Elle n'est donc pas souhaitable.

Le déclenchement des traitements cupriques doit systématiquement anticiper un épisode pluvieux contaminateur. Le niveau de protection ne pourra être satisfaisant, quelque soit la dose de cuivre utilisée, que si **la qualité de pulvérisation est irréprochable** durant toute la campagne. Cela nécessite un suivi régulier du réglage de la machine et d'adapter le choix du type de pulvérisation (jet projeté ou pneumatique) en fonction du développement végétatif.

Enfin, la capacité de réactivité par rapport aux prévisions météorologiques est un élément important dont il faut tenir compte.

La réduction des doses de cuivre doit être intégrée à un raisonnement pluriannuel, tel que le permet la réglementation. Elle doit passer par une adaptation du nombre de traitements et de la dose de cuivre utilisée au risque parasitaire de l'année.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des structures ayant collaboré à la réalisation de ce programme pluriannuel d'expérimentations : les Services de la Protection des Végétaux des régions Champagne, Midi Pyrénées, Bourgogne, les Chambres d'Agriculture des départements Charente, Gironde, Yonne, la SICA La Tapy, Le Comité Interprofessionnel des vins de Champagne, le GDV du département de l'Aube, le SEDARB, le GABBTO, le GDDV, le CivamBio33, l'OPABA, le GRAB d'Avignon, la Cave Die Jaillance et la station de Nîmes de l'Institut Français de la Vigne et du Vin.

Nous remercions également les vignerons qui ont mis leurs parcelles à disposition pour la réalisation de ces essais.

Nous associons à nos remerciements Gwénaëlle Chesnay, stagiaire AIVB-ITAB pour sa participation à la mise au point de la méthode statistique d'analyse des données.