

Réduction des doses de cuivre pour lutter contre le mildiou en viticulture biologique : synthèse des essais 2001-2005 du groupe de travail de l'ITAB

Par Nicolas Constant (AIVB¹)

En mars 2003, la dose de cuivre utilisable a été limitée par la Commission Européenne à 8 kg par hectare et par an, puis à 6 kg/ha/an au 1^{er} janvier 2006. Pour anticiper cette limitation et donner aux producteurs les moyens de la respecter, l'ITAB a mis en place un groupe de travail pour coordonner les essais réalisés sur ce thème. Voici une première synthèse des résultats obtenus. Des conclusions encourageantes mais qui demandent aux producteurs vigilance et technicité !

Le cuivre est le seul fongicide réellement efficace contre le mildiou de la vigne et autorisé au règlement européen 2092/91, paru en 1991, régissant l'agriculture biologique. Mais, compte tenu de ses risques de toxicité, notamment sur le sol, ce règlement prévoyait l'interdiction totale de son usage à l'horizon 2002. Cependant en raison de l'importance de cet usage, la commission européenne s'est finalement orientée vers une limitation des doses de cuivre plutôt que vers une interdiction totale. Les doses de cuivre métal utilisables sont donc limitées, depuis le 31 mars 2002, à 8 kg/ha/an et depuis le 1^{er} janvier 2006 à 6 kg/ha/an. Pour les cultures pérennes telles que la vigne, il est possible de faire la moyenne sur cinq millésimes, pour tenir compte des variations des pressions de maladies d'une année à l'autre.

Les derniers chiffres disponibles sur les quantités de cuivre utilisées en viticulture biologique en France sont issus

¹ Association Interprofessionnelle des Vins Biologiques du Languedoc-Roussillon - Maison des Agriculteurs - Mas de Saporita - CS 50023 - 34875 Lattes Cedex - constant.aivb@wanadoo.fr

² La totalité des résultats de cette enquête sont en ligne sur le site de l'ITAB



Mildiou sur grappe, dû à *Plasmopara viticola*. Faciès Rot brun.

©CARTOLARO Philippe/INRA

d'une enquête² réalisée par l'ITAB en 2002. Elle met en évidence que les doses de cuivre utilisées par les viticulteurs biologiques étaient régulièrement supérieures à ces normes. Par exemple sur les quatre années précédant l'enquête, la moyenne nationale était de 6,9 kg de cuivre/ha, et dans neuf régions sur onze, cette moyenne est supérieure à 6 kg. Des données partielles montrent que depuis cette date les quantités de cuivre utilisées par les vigneron biologiques ont beaucoup diminué.

Un groupe de travail national

En 2001, la commission viticole de l'ITAB mit en place un programme national visant à tester différentes modalités de réduction des doses de

cuivre pour anticiper l'évolution de la réglementation.

Le principe du groupe de travail "Alternatives et réduction des doses de cuivre" est de coordonner les essais, menés dans les régions par les différents organismes de développement agricole (ITV, SRPV, Chambres d'Agriculture, groupements de producteurs biologiques...) en leur proposant un protocole commun (encadré ci-dessous). L'objectif étant de proposer des modalités réalistes de réduction des apports cupriques, applicables par les viticulteurs, soit en optimisant les traitements au cuivre, soit en remplaçant ce métal ou en l'associant à des produits annoncés comme ayant une activité contre le mildiou.

Le travail présenté dans cet article est une première synthèse des résultats

obtenus dans le cadre de ce réseau. Il s'agit d'une analyse statistique descriptive des principaux résultats obtenus avec les modalités gérant au mieux les apports de cuivre.

L'analyse de la variabilité des réponses obtenues, la recherche de facteurs influençant l'efficacité des traitements et le test de produits alternatifs, ne seront pas abordés ici. Ces différents points feront l'objet d'une seconde analyse et d'un autre article courant 2007.

Résultats de la comparaison des différentes modalités d'apport de cuivre

La comparaison des différentes modalités repose sur la comparaison de leur

Un protocole commun pour tester les réductions de doses de cuivre métal

L'objectif des protocoles proposés en début de campagne est de tester des modalités visant à réduire les apports de cuivre et à comparer celles-ci à une modalité de référence. Celle-ci est, soit la modalité "pleine dose", pour laquelle les produits sont utilisés à leur dose d'homologation ; soit la modalité "1/2 dose", représentative des pratiques des viticulteurs biologiques.

Les essais ont lieu soit en conditions contrôlées (contamination et aspersion), soit en conditions naturelles. Les traitements sont effectués avec un appareil à dos (volume d'eau variable selon les sites). Le protocole prévoit dix traitements sur l'année. Ce nombre peut être réduit si la pression mildiou ne justifie pas autant de passages.

Les modalités dont nous étudierons les résultats sont dénommées : "Pleine dose", "1/2 dose", "1/4 dose" et "variation de dose". Compte tenu des produits utilisés (uniquement des spécialités commerciales homologuées pour cet usage à moins de 1600 g de cuivre) et des modalités testées, les apports de cuivre par modalité étaient :

- "Pleine dose" : entre 1200 et 1550 g de cuivre métal/application. Dose totale : 9,3 à 13,9 kg de cuivre
- "1/2 dose" : entre 600 et 850 g de cuivre métal/application. Dose totale : 4,7 à 8 kg de cuivre
- "1/4 dose" : entre 300 et 450 g de cuivre métal/application. Dose totale : 2,7 à 4 kg de cuivre
- "Variation de dose" : dose de cuivre croissante avec le développement de la végétation : de 170 à 680 g de cuivre métal/application. Dose totale : 3 à 6,8 kg de cuivre

Pour un essai et une modalité donnés, le produit utilisé est le même durant toute la campagne.

Les notations portent sur la fréquence (% d'organes présentant au moins un symptôme de mildiou) et l'intensité (surface des organes touchés couverte par le mildiou). Dans le protocole proposé, trois notations sont réalisées : aux stades nouaison, début véraison et avant récolte (notation sur feuilles uniquement). Dans les essais où la pression mildiou a été faible une seule notation a été effectuée.

Les données sont issues de 21 essais

répartis dans toutes les zones viticoles Françaises³ dont les résultats étaient "exploitables". Le principal critère pour la recevabilité des résultats était que ceux-ci puissent être comparés à ceux d'un Témoin Non Traité (TNT). Tous les essais qui ne proposaient pas de TNT ont été exclus.

Les protocoles sont "dynamiques" et évoluent d'année en année en fonction de l'évolution des pratiques observées chez les viticulteurs ainsi que des résultats obtenus les années précédentes. De fait, les différentes modalités ne sont pas testées dans tous les essais, et le dispositif statistique est donc déséquilibré. Les comparaisons de moyenne se feront donc "modalité par modalité" en retenant uniquement les essais dans lesquels les deux modalités considérées sont comparées directement. Par exemple, la modalité "Pleine dose" est présente uniquement dans 7 des 21 essais. L'abandon de cette modalité s'explique principalement par sa quasi disparition dans les pratiques des viticulteurs compte tenu des doses de cuivre excessives (au-delà de 9 kg de cuivre/an) qu'elle apporte.

efficacité et non plus des notations brutes. Pour une notation donnée (fréquence ou intensité), l'efficacité d'une modalité est obtenue par la formule : $(\text{Notation}_{\text{TNT}} - \text{Notation}_{\text{Modalité}}) / \text{Notation}_{\text{TNT}}$. Cela permet de s'affranchir partiellement des hétérogénéités de pression de mildiou dans les différents essais par la prise en compte de la notation sur le témoin non traité.

Comparaison des efficacités des modalités "1/2 dose" et "Pleine dose"

Quelle que soit la notation (fréquence ou intensité, sur feuilles et grappes), la moyenne de la modalité "pleine dose" est systématiquement supérieure à celle de la modalité "1/2 dose". Par contre, ces différences ne sont pas statistiquement significatives sauf dans le cas de l'intensité d'attaque sur feuilles. Sans surprise, ces résultats confirment l'effi-

cacité supérieure de fortes doses de cuivre. Par ailleurs, concernant les notations sur feuilles, la variabilité (estimée ici par l'espace interquartile) est supérieure pour la modalité "1/2 dose": en diminuant les doses de cuivre, le risque est d'augmenter la variabilité des résultats obtenus. L'utilisation de la "pleine dose" de cuivre sécurise l'efficacité du traitement. Sur les notations sur grappes, les résultats sont inversés. Le peu de points disponibles³ est peut être une explication de cette différence.

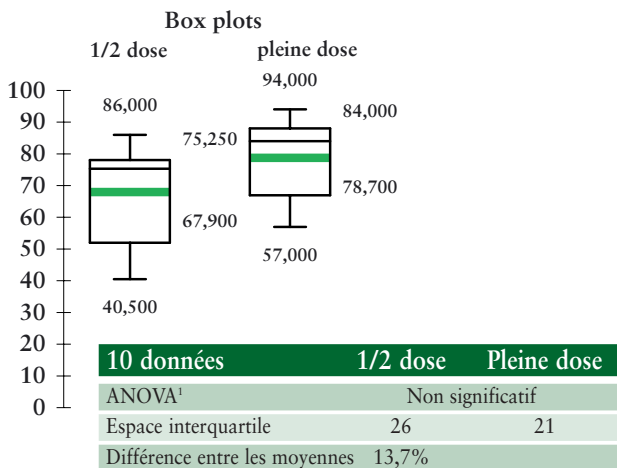
Les écarts entre les moyennes en fréquence (exprimés en pourcentage de la moyenne de la modalité "pleine dose") sont supérieurs à ceux des moyennes en intensité. La perte d'efficacité liée à la réduction des doses de cuivre concerne plus la fréquence d'attaque, (donc la dispersion du mildiou sur la parcelle), que l'intensité.

Pour la fréquence sur feuilles, pour les deux modalités, la médiane (valeur en deçà de laquelle se trouvent 50% des valeurs) est supérieure à la moyenne (84% contre 78,7% pour la modalité "Pleine dose" et 75,25% contre 78,7% pour la modalité "1/2 dose"). Cela signifie que dans la majorité des essais, les résultats obtenus sont supérieurs à l'efficacité moyenne, mais que dans quelques essais, les résultats sont nettement inférieurs et "tirent la moyenne vers le bas".

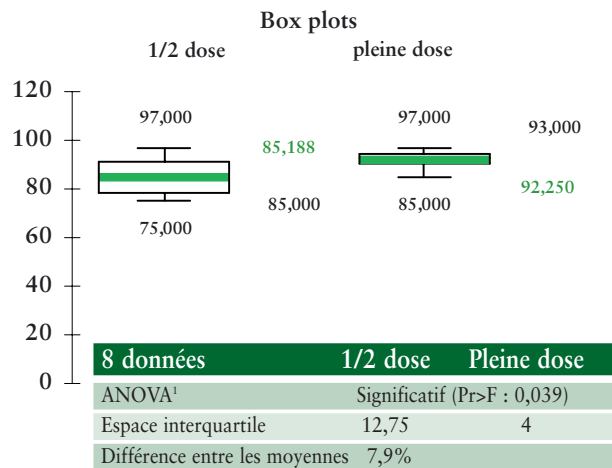
³ *Chambre d'Agriculture Charente, SICA La Tapy, Chambre d'Agriculture Yonne, SRPV Bourgogne, CIV de Champagne, GDV Aube, SRPV Champagne, SRPV Midi Pyrénées, SICA La Tapy, SRPV Bourgogne, GDV Aube, SRPV Champagne, Chambre d'Agriculture Charente, Chambre d'Agriculture Gironde, GDV Aube, SEDARB, GDV Aube, AIVB-Languedoc-Roussillon*

Graphique 1 - Comparaison des modalités "1/2 dose" et "Pleine dose"

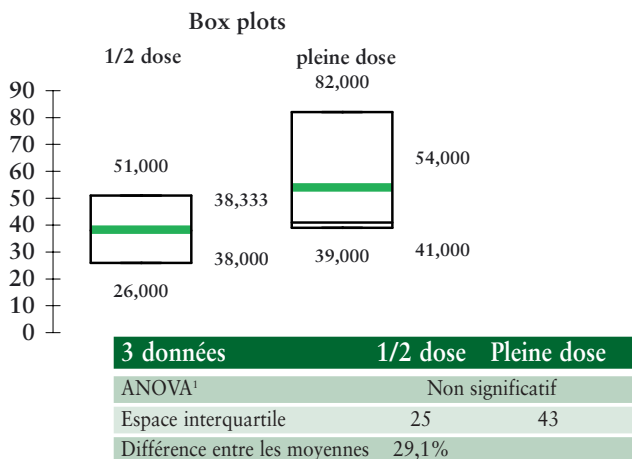
Efficacité en fréquence sur feuilles



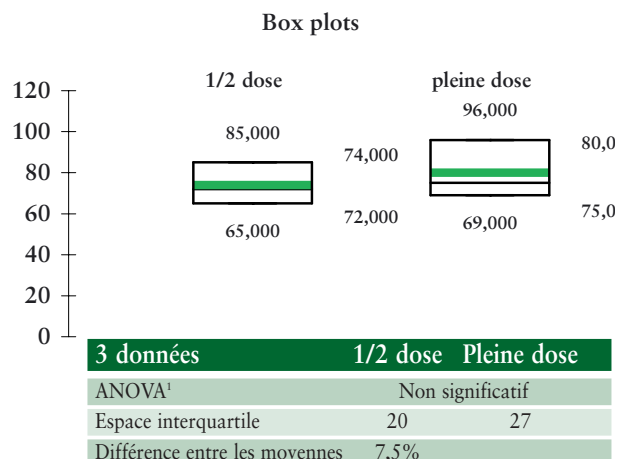
Efficacité en intensité sur feuilles



Efficacité en fréquence sur grappes



Efficacité en intensité sur grappes



Estimation des dégâts (feuilles et grappes) pour les modalités "1/2 dose", "Pleine dose" et TNT

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) représente une estimation des dégâts réels de mildiou sur la parcelle.

Sur feuilles, les dégâts sont inférieurs à 1% pour les deux modalités traitées contre 20% pour le TNT. Sur grappes, l'ordre de grandeur des "dégâts" est de 3 à 5% pour les modalités traitées contre 34% pour le TNT. L'écart entre les deux modalités traitées est nettement plus faible que celui observé sur les efficacités (voir graphique2).

Résultats des analyses descriptives de comparaison des efficacités des modalités "1/2 dose", "1/4 dose" et "Variation dose"

La modalité "Variation dose" consiste à apporter des doses très faibles en début de campagne, puis à les augmenter régulièrement durant la période de croissan-

ce de la vigne. Au final, la dose maximale utilisée correspond à la moitié de la dose d'homologation. En termes d'apport annuel de cuivre, cette modalité apporte des quantités intermédiaires entre les modalités 1/4 et 1/2 dose.

La comparaison des moyennes indiquent là encore que l'utilisation des doses de cuivre supérieures ("1/2 dose") apporte un gain d'efficacité par rapport à l'utilisation de doses plus faibles, "1/4 dose" notamment. La modalité "Variation dose" a un comportement intermédiaire. On retrouve donc la hiérarchie des doses de cuivre à travers celles des efficacités (voir graphique 3). Cependant, pour aucune des notations ces écarts ne sont statistiquement significatifs.

La variabilité (espace interquartile) suit la même logique : elle est supérieure pour les faibles doses de cuivre par rapport à la modalité "1/2 dose", sauf pour les notations en intensité sur grappes, pour lesquelles ces écarts sont très faibles.

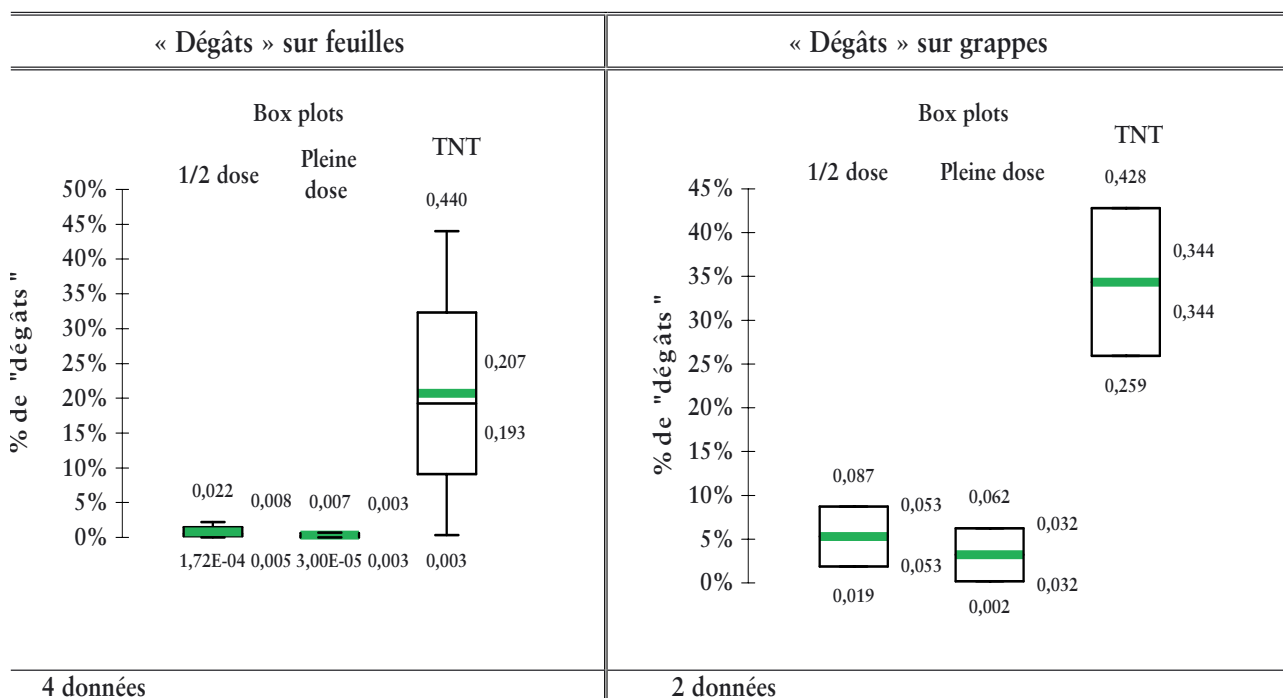
Les écarts entre les moyennes (exprimés en pourcentage de la moyenne "1/2 dose") sont systématiquement plus importants en fréquence qu'en intensité. En fréquence, les médianes et moyennes des différentes modalités sont proches. Par contre, en intensité,

la médiane est systématiquement supérieure à la moyenne : dans certains essais, les efficacités obtenues sont nettement inférieures à la moyenne, ce que traduisent également les minima marqués d'un point sur les graphes, qui correspondent à des données "anormales" pour le modèle mathématique utilisé pour le tracé de ce graphe. Dans certaines situations, les efficacités obtenues peuvent être très inférieures à ce que l'on pouvait en attendre.

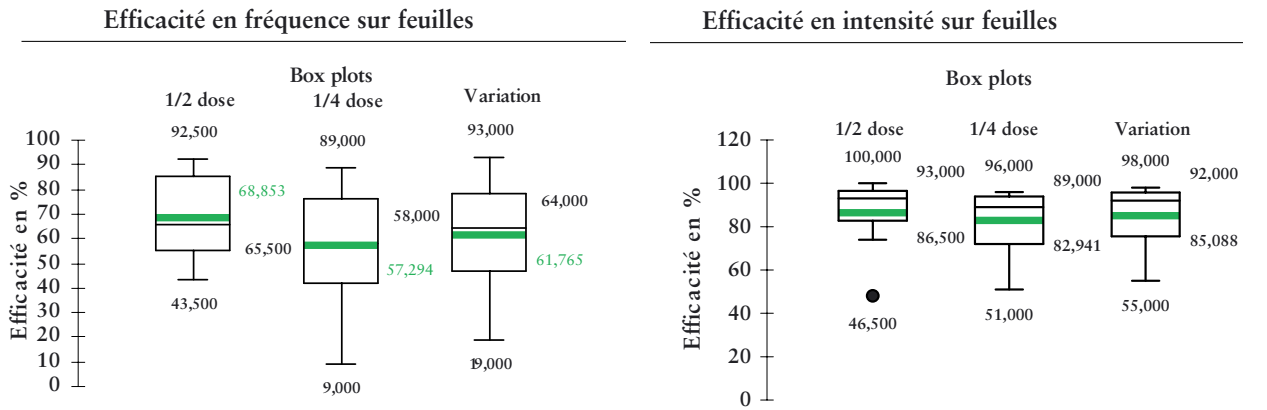
Estimation des dégâts sur feuilles et grappes pour les modalités "1/2 dose", "1/4 dose" et "Variation de dose"

Concernant les "dégâts" (graphique 4), les écarts entre les différentes modalités sont beaucoup plus resserrés que pour les efficacités : ils sont de l'ordre de 1 à 2% sur feuilles pour les différentes modalités traitées (contre 30% pour le TNT) et de 3 à 5% sur grappes (contre 35% pour le TNT). Par contre, notamment sur grappes, les dégâts peuvent être parfois conséquents, autour de 20% pour les essais les plus sévères (cf. les maxima marqués d'un point, considérés comme données "anormales").

Graphique 2 - Comparaison des modalités "1/2 dose" et "pleine dose"



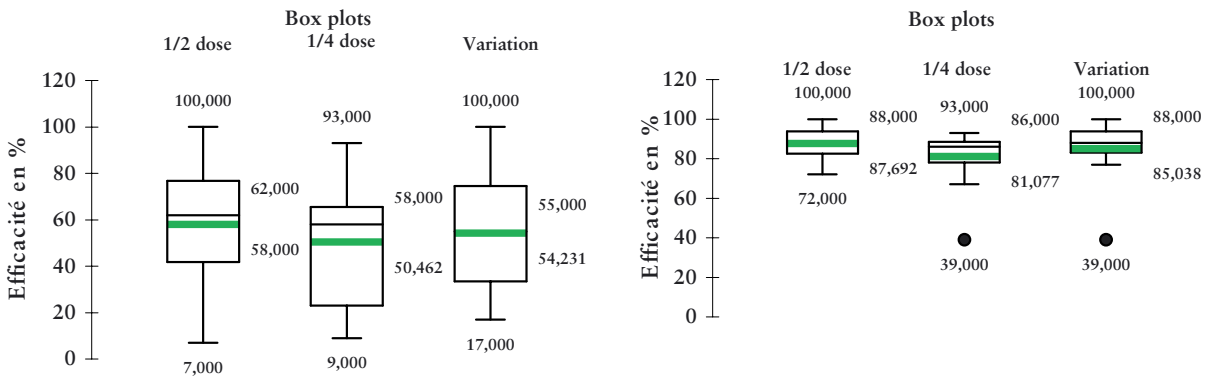
Graphique 3 - Efficacité des modalités "1/2 dose", "1/4 dose" et "Variation dose"



17 données	1/2 dose	1/4 dose	Plaine dose	17 données	1/2 dose	1/4 dose	Plaine dose
ANOVA	Non significatif			ANOVA	Non significatif		
Espace interquartile	29,5	34	31,75	Espace interquartile	13,75	22	20,25
Différence entre la moyenne 1/2 dose	-	16,8%	10,3%	Différence entre la moyenne 1/2 dose	-	12,9%	6,5%

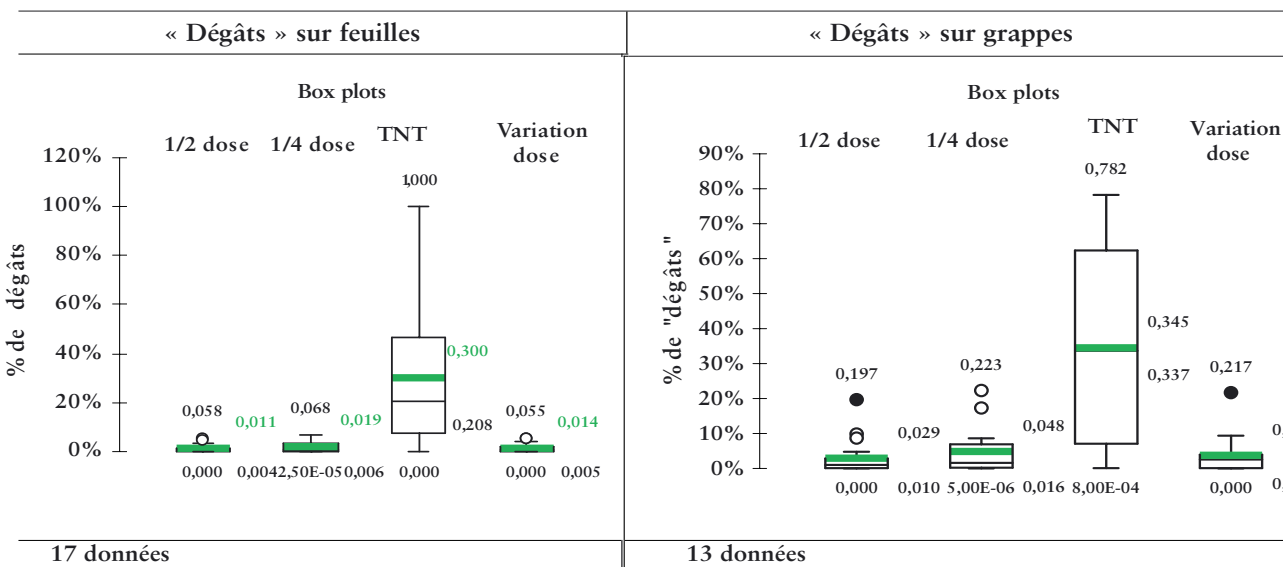
Efficacité en fréquence sur grappes

Efficacité en intensité sur grappes



13 données	1/2 dose	1/4 dose	Plaine dose	13 données	1/2 dose	1/4 dose	Plaine dose
ANOVA	Non significatif			ANOVA	Non significatif		
Espace interquartile	35	42,5	41	Espace interquartile	11,25	10,5	10,75
Différence entre lamoyenne 1/2 dose	-	12,9%	6,5%	Différence entre la moyenne 1/2 dose	-	4,1%	1,6%

Graphique 4 - Comparaison des modalités "1/2 dose", "1/4 dose" et "Variation de dose"



17 données

13 données

Conclusion : réduire les doses c'est possible, mais demande une attention et une connaissance accrues du vignoble et des outils de travail !

Les résultats obtenus dans ces essais valident l'efficacité du cuivre sur le mildiou de la vigne, même à des doses d'utilisation inférieures à 500 g de cuivre métal par application.

La comparaison des différentes modalités confirme la plus grande efficacité des fortes doses de cuivre : la "Pleine dose" de cuivre donne les meilleurs résultats mais avec des apports annuels de cuivre (supérieurs à 9,3 kg dans tous les essais) incompatibles avec la réglementation en vigueur sur les usages du cuivre en viticulture biologique.

Sans surprise la diminution des doses de cuivre entraîne :

- une baisse d'efficacité des traitements, notamment en fréquence :

elle favorise la propagation du mildiou sur la parcelle. Par contre, à l'échelle de l'organe, son développement n'est pas fortement affecté.

- Une augmentation de la variabilité des résultats obtenus : plus on diminue la dose de cuivre, plus on prend de risques.
- La présence inévitable de mildiou sur feuilles et/ou sur grappes en cas de pression conséquente de la maladie, même si les dégâts restent limités.

Cependant les écarts entre les modalités n'étant pas statistiquement significatifs, les différences de comportement ne sont que des tendances et l'observation des "dégâts" confirme l'intérêt et l'efficacité des faibles doses de cuivre.

La dose de cuivre apportant le meilleur compromis entre efficacité et quantité de cuivre apportée est comprise entre 600 et 800 g. L'utilisation de doses inférieures à 500 g tout au long de la campagne ou au moins en départ de végétation est possible mais nécessite plus de vigilance. A de telles doses,

aucune erreur de positionnement du produit (qualité de pulvérisation, déclenchement de l'application...) n'est permise, et le vignoble doit pouvoir être couvert en quelques heures. Cette première analyse statistique soulève de nombreuses questions, notamment par rapport à la variabilité des résultats obtenus pour une même modalité dans les différents essais : est ce que cette variabilité est uniquement due à une différence de pression mildiou selon les essais considérés ? Ou est ce que d'autres facteurs influencent cette efficacité ? La seconde analyse statistique prévue courant 2007 devrait permettre d'apporter des éléments de réponse à ces questions en suspens. ■

Remerciements

À l'ensemble des organismes ayant participé à la réalisation de ces essais et m'ayant communiqué leurs résultats et à Elie Maza, professeur à l'IUT d'Avignon de l'unité STID (Statistiques et traitement informatique des données) pour son appui méthodologique.



Attaque tardive de mildiou (*Plasmopora viticola*) due aux pluies de début septembre 2003. Le champignon se caractérise par l'apparition d'un feutrage blanc à la face inférieure de la feuille (et par la présence de taches huileuses à la face supérieure de la feuille).

© WALKER Anne-Sophie/INRA