



Journées Techniques Nationales Viticulture Biologique



**Avignon
8 et 9 décembre 2004**



SOMMAIRE

CONFERENCE 1 – ACTUALITES DE LA VITICULTURE BIOLOGIQUE

Traitement des effluents de cave par des méthodes biologiques	5
Etude comparée de deux vignobles des Côtes du Rhône en conduites Biodynamique et Raisonnée.	15
Reconnaissance de vins rouges biologiques de différents terroirs par l'utilisation de marqueurs volatils : étude exploratoire	17
Le point sur la mise en place de la charte de vinification.	27

CONFERENCE 2 - USAGES DU CUIVRE EN VITICULTURE BIOLOGIQUE

Intrants destinés aux productions végétales. Quelles exigences réglementaires actuelles ? ...	33
Enquête phytosanitaire Gironde – Dordogne	35
Analyse des stratégies de lutte contre le mildiou des viticulteurs biologiques de la région Languedoc-Roussillon.....	47
Comment raisonner les apports de cuivre ?	63
Cuivre : origines, usages et différentes formes	73

CONFERENCE 3 - QUE REPROCHE-T-ON AU CUIVRE?

Utilisation du cuivre en viticulture et qualité aromatique des vins de Gascogne	93
---	----

CONFERENCE 4 - COMMENT REDUIRE LES DOSES DE CUIVRE?

Réduction des apports cupriques en viticulture biologique étude du lessivage foliaire sous simulateur de pluie	99
Adapter les produits aux nouvelles exigences réglementaires et environnementales.....	111

CONFERENCE 5 - QUELLES ALTERNATIVES A L'USAGE DU CUIVRE?

Propriété des préparations à base d'argiles: L'expérience Suisse.....	115
Quelles alternatives à l'usage du cuivre? Les pistes de recherche en Italie.....	125
Lutte contre le mildiou de la vigne : Evaluation d'un extrait aqueux de Saule (Salix) contre Plasmopara viticola.	135
Efficacité des macérations de plates dans la lutte contre le mildiou de la vigne	145

CONFERENCE 1

ACTUALITES DE LA VITICULTURE BIOLOGIQUE

TRAITEMENT DES EFFLUENTS DE CAVE PAR DES METHODES BIOLOGIQUES

J. ROCHARD, S. KERNER

ITV Epernay – Station Régionale Champagne
Pôle Environnement

17, rue Jean Chandon Moët – BP 20046
51202 EPERNAY CEDEX

joel.rochard@itvfrance.com, sebastien.kerner@itvfrance.com

Résumé

La filière viti-vinicole, comme tout autre secteur de l'industrie agro-alimentaire nécessite d'importantes quantités d'eaux pour maintenir un niveau d'hygiène irréprochable. Cependant, des rejets importants et potentiellement polluants vont être générés.

La nature organique de ces rejets autorise l'utilisation de procédés biologiques basés sur l'utilisation de micro-organismes, de métabolisme aérobie ou anaérobie. Ces différents procédés ont tous prouvé des résultats satisfaisants.

Cependant, l'efficacité du traitement et le rendement épuratoire, en aval, sont liés à la quantité et la qualité de pollution à traiter, ce qui implique, en amont, une rationalisation des quantités d'eaux utilisées et une gestion raisonnée des rejets, le tout dépendant de pratiques d'élaboration au chai.

Enfin, il est souhaitable d'envisager dès à présent des filières d'épuration préservant les ressources énergétiques existantes en intégrant ce paramètre dans la décision de choix de la technique de traitement, ou en réfléchissant à l'utilisation des énergies renouvelables dans les processus d'épuration des effluents de cave.

Mots-clés

Effluents de cave, traitement épuratoire, procédés biologiques aérobies, procédés biologiques anaérobies, biomasse micro-organique

Introduction

La filière viticole, comme tout autre secteur, se doit de limiter l'impact environnemental de son activité. Les rejets issus des pressoirs et des caves sont susceptibles de perturber l'équilibre biologique des rivières en particulier pendant la période des vendanges. En effet, les éléments organiques issus des activités viticoles génèrent, dans un milieu aquatique, le développement de micro-organismes qui puisent l'oxygène dissous au détriment de la faune piscicole.

La lutte contre la pollution issue des caves repose sur deux démarches complémentaires. En amont, une adaptation du processus d'élaboration doit être mise en œuvre pour réduire la charge polluante et assurer une gestion optimale de l'eau. En aval, le traitement des effluents de cave réalisé individuellement ou collectivement, peut-être envisagé avec plusieurs techniques : évaporation, épandage, dispositifs biologiques.

L'objet de cette communication est de développer les réflexions et les démarches qui s'imposent préalablement à la mise en place du traitement.

Effluents de cave : caractérisation

Les effluents de cave sont générés par toutes les phases de nettoyage des installations et des équipements de vinification, ces mesures d'hygiène étant indispensables à la garantie de la santé du consommateur.

La pollution contenue dans les effluents de cave provient soit des composants même du raisin, du moût ou du vin (pellicule, rafle, terre, sucre, acides, bourbes, alcool, polyphénols, levures, bactéries), soit des produits de détartrage et de nettoyage, soit encore de produits intervenant dans la vinification (média filtrants, colles, produits œnologiques).

Pour l'ensemble de ces effluents, la matière organique représente la principale source de pollution. De même, ponctuellement, des cas de pollution liés à des effluents toxiques peuvent être rencontrés (produits de nettoyage, de détartrage).

La matière organique issue des eaux usées, lorsqu'elle est rejetée en grande quantité dans le milieu naturel, engendre la multiplication de micro-organismes qui assurent sa dégradation. Ils puisent l'oxygène dissous dans l'eau, au détriment de la faune et de la flore du milieu. Par ailleurs, les matières en suspension des rejets, limitent le passage de la lumière solaire indispensable à la photosynthèse, source d'oxygénation du milieu.

La variabilité en termes de volume et de charge polluante est une des caractéristiques majeures des effluents vinicoles. Le type de vin, le type d'équipements, la sensibilisation du personnel sont les principaux facteurs de variabilité des effluents.

La composition moyenne des effluents vinicoles est la suivante :

pH	4 à 6, parfois 10 à 13 en période de détartrage
MES	1 000 à 2 000 mg/l
DCO	3 000 à 20 000 mg d'O ₂ /l
DBO5	1 000 à 13 000 mg d'O ₂ /l
Volume généré	Volume généré : de 20 à 250 litres par hectolitre de vin élaboré, dont 40 à 60 % pendant les vendanges

Tableau 1 : Caractéristiques moyennes des effluents vinicoles

MES : Matières en Suspension ; elles caractérisent la fraction non dissoute.

DCO : Demande Chimique en Oxygène ; elle caractérise la quantité totale de pollution oxydable ; elle correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir grâce à des réactifs chimiques puissants pour oxyder les matières contenues dans l'effluent.

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène ; elle représente la quantité de pollution biodégradable et correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pendant 5 jours aux micro-organismes contenus dans l'effluent pour oxyder une partie des matières carbonées

Une caractérisation quantitative fine impose l'utilisation de matériels spécifiques de mesure et de prélèvement (compteur d'eau spécifique à la cave, notamment). Les mesures doivent être réalisées tout au long de l'année, afin d'avoir une bonne connaissance de la variabilité saisonnière en liaison avec les différentes étapes de l'élaboration. La période de vendange, pointe de pollution pour la plupart des caves, doit faire l'objet d'un suivi précis (mesures journalières).

Une caractérisation qualitative fine consiste à stocker les effluents pendant une journée puis à effectuer un prélèvement après homogénéisation.

Réglementation

De manière générale, la Loi sur l'Eau, le Code Rural, le Code de la Santé Publique et le Règlement Sanitaire Départemental s'appliquent aux exploitations viti-vinicoles.

De plus, selon leurs tailles, certaines caves peuvent être soumises à la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) relevant de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976, selon le décret n°93-1412 du 29 décembre 1993 modifiant la nomenclature des installations classées.

Capacité de production	Régime	Référence
Moins de 500 hl/an	Non classé	Loi sur l'Eau, Code Rural, Règlement Sanitaire Départemental
De 500 à 20 000 hl/an	ICPE soumise à déclaration	Arrêté du 15 mars 1999
Plus de 20 000 hl/an	ICPE soumise à autorisation	Arrêté du 3 mai 2000

Tableau 2 : réglementation appliquée aux caves selon leur capacité de production

De plus, ces arrêtés spécifiques précisent les valeurs limites de rejet dans le milieu naturel ou sur une station d'épuration communale (StEp), sous réserve d'une convention de raccordement entre la cave et l'exploitant de la station.

	Rejet en milieu naturel	Rejet sur une StEp communale
Température (°C)	< 30	< 30
pH	4 (D) ou 4.5 (A) à 8.5 (ou 9.5 si neutralisation)	4 (D) ou 4.5 (A) à 8.5 (ou 9.5 si neutralisation)
MEST (mg/l)	100 jusqu'à 15 kg/jour 35 au delà	600 au delà de 15 kg/jour
DCO (mgO ₂ /l)	300 jusqu'à 100 kg/jour 125 au delà	2 000 au delà de 45 kg/jour
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	100 jusqu'à 30 kg/jour 30 au delà	800 au delà de 15 kg/jour

Tableau 3 : valeurs limites de rejet imposées aux ICPE soumises à déclaration (D) ou autorisation (A)

Adaptation de l'élaboration

- **Economie d'eau**

Les volumes d'eau conditionnent directement les volumes des rejets à traiter, et donc la taille des installations de traitement ou les volumes à transporter. En conséquence, le coût de l'épuration dépend étroitement du volume à traiter (stockage, énergie, ...).

Trois aspects principaux sont à prendre en compte pour limiter le volume de rejet.

Séparation des eaux « propres »

Après séparation, les eaux « propres » (refroidissement par ruissellement, lavage des bouteilles neuves, eaux de pluies) peuvent être rejetées selon les cas dans le réseau pluvial ou dans le milieu naturel.

Limitation des pertes

Réduire les consommations d'eau ne doit pas remettre en cause la qualité du nettoyage et de l'hygiène générale de la cave. Cependant, la sensibilisation des opérateurs est un facteur important : ne pas laisser un robinet ouvert inutilement, réaliser des pré-nettoyages à sec (raclette, balais) sont autant de gestes élémentaires limitant l'utilisation de l'eau.

Les dispositifs d'arrêt automatique permettent de réduire les pertes en eau. Par ailleurs, ils peuvent générer un jet d'eau puissant à fort effet mécanique.

Augmentation de la performance des nettoyages

L'efficacité d'un nettoyage dépend étroitement de plusieurs facteurs :

- type et concentration du produit de nettoyage
- temps de contact du détergent avec la surface à nettoyer
- température de la solution détergente
- importance de l'effet mécanique

Selon le type de nettoyage à réaliser, il est possible d'obtenir un nettoyage au moins aussi performant, tout en consommant moins d'eau, par l'utilisation d'une technique adaptée :

- surpresseurs (effet mécanique puissant)
- canon à mousse (augmentation du temps de contact, et donc de l'efficacité du nettoyage et l'économie de produits de nettoyage et de désinfection)
- auto-laveuse (application d'un produit de nettoyage tout en contribuant à un effet mécanique par des brosses ou des disques)
- conception et l'aménagement des chais : choix d'une pente suffisante (2 à 3 %), mise en place d'un réseau d'écoulement adapté et régulièrement réparti

- **Récupération des sous produits de la vinification**

Tout au long de la chaîne d'élaboration d'un vin, les phases de stabilisation, de clarification et de nettoyage conduisent à des rejets de sous-produits et de résidus de vinification à l'origine d'une pollution importante. La récupération de ces résidus permet de limiter la charge polluante des effluents, ce qui contribue à limiter le coût de l'épuration.

Débourbage

La récupération des bourbes issues de la sédimentation naturelle (2 à 6% en volume) ou de la centrifugation des moûts permet de réduire de 40 à 50% le niveau de pollution des rejets. Ces bourbes peuvent être soit filtrées (filtre rotatif sous vide, filtre à lie, filtre presse), soit valorisées par distillation ou éventuellement par épandage.

Soutirage

Les fermentations alcooliques (et éventuellement malolactiques) sont généralement suivies d'un soutirage du vin clair. Les lies qui subsistent au fond des cuves représentent une source de pollution importante, ce qui justifie leur récupération. La distillation représente la destination la plus courante.

Filtration

Les matériels proposés sur le marché permettent de récupérer le gâteau de filtration sous forme d'une pâte peltable. L'assèchement partiel des médias filtrants est obtenu par l'intermédiaire d'un gaz vecteur (azote). La pâte est le plus souvent éliminée des plateaux de filtration par l'intermédiaire de la force centrifuge. L'utilisation d'un bac de transfert permet de faciliter le déchargement du gâteau asséché.

L'investissement complémentaire lié à l'achat de cet équipement est souvent compensé par une diminution de la perte en vin.

- **Dégrillage**

Cette opération préalable à l'épuration permet d'éliminer les éléments grossiers (feuilles, baies, rafles, pépins) et éventuellement les corps étrangers. Les deux types de dégrilleurs sont les dégrilleurs statiques (économiques et simples d'utilisation mais nécessitant un suivi régulier) et les dégrilleurs dynamiques (nécessitant peu d'entretien mais plus onéreux).

- **Détartrage du matériel vinaire**

Une fraction de l'acide tartrique, composant naturel du raisin, précipite au cours de l'élaboration du vin sous forme de cristaux d'hydrogénéotartrate de potassium. Ceux-ci ont tendance à s'accrocher sur les supports en contact avec le vin. Leur élimination impose le plus souvent l'utilisation de soude concentrée. Le rejet de cette solution de détartrage représente, en plus de la pollution organique due à la dissolution des cristaux de tartre, une pollution chimique par la présence importante de sodium et d'un pH élevé.

Plusieurs solutions s'offrent à l'utilisateur pour réduire cette pollution :

Favoriser le détartrage par effet mécanique et effet thermique

Il peut être intéressant, dans certaines conditions, de procéder à un détartrage par effet mécanique avant la mise en œuvre d'un détartrage chimique. Ainsi, le nettoyage des cuves juste après soutirage facilite le décrochage des cristaux de tartre et permet d'évacuer une partie du tartre sous forme solide. Il est recommandé de récupérer ces cristaux en sortie de cuve de manière à éviter toute détérioration des canalisations et des pompes de reprise. De plus, ce tartre ainsi récupéré peut être revendu à des entreprises spécialisées dans la commercialisation de l'acide tartrique et de ses dérivés.

L'utilisateur a aussi la possibilité de mettre en œuvre des dispositifs de lavage qui accentuent l'effet mécanique, facilitant ainsi le décrochage des cristaux :

- jet d'eau sous pression (surpresseur) ;
- boule perforée, fixe ou rotative ;
- jet fixe ou rotatif, qui présente une meilleure efficacité et permet de traiter des cuves de capacité supérieure.

L'utilisation d'eau chaude, par dissolution partielle des cristaux de tartre, facilite le détartrage. La combinaison des effets thermique et mécanique accroît le décrochage des cristaux de tartre, et ce, d'autant plus que le lavage est réalisé rapidement après le soutirage de la cuve.

Utiliser des surfaces plus lisses

L'accroche des cristaux est d'autant plus réduite que l'état de surface de la cuve est lisse. Le revêtement des supports rugueux (ciment en particulier) par des résines alimentaires et le polissage électrolytique des accessoires internes en inox permettent d'optimiser l'élimination et la récupération du tartre par un lavage à l'eau chaude.

Respecter les doses d'emploi des produits de détartrage

Un surdosage des produits de détartrage diminue, certes, le temps de nettoyage, mais n'améliore pas la qualité du détartrage. Il convient donc de raisonner les quantités de produits par rapport à la quantité de tartre à dissoudre. Hormis l'intérêt économique, une telle pratique permet d'utiliser toute la potentialité de la soude.

Recycler les solutions de soude

Le détartrage chimique est réalisé en circuit fermé par projection d'une solution de soude sur les parois de la cuve grâce à une boule ou un jet.

Un système de partenariat environnemental entre la cave et une société spécialisée permet de recycler la soude.

La société de traitement livre à la cave des cuves de solution de soude prête à l'emploi, et assure leur collecte lorsqu'elles sont saturées. La cave doit fournir une solution suffisamment saturée en acide tartrique (suivi par densité). La société traite ensuite la soude pour en extraire l'acide tartrique, utilisé par exemple en industrie agro-alimentaire.

Le traitement des effluents de cave

- **L'épandage**

Le traitement des effluents par épandage repose sur les capacités épuratoires du système sol – micro-organismes – plantes. Il assure la filtration des matières en suspension, la fixation puis la dégradation des matières organiques et l'utilisation par les plantes des éléments minéraux libérés.

Tout épandage est subordonné à une étude préalable définissant son périmètre et ses modalités de réalisation.

Le plan d'épandage prend en compte le contexte législatif local, la caractérisation des effluents et de leur valeur agronomique, l'étude du sol, le contexte agricole (cultures, rotations, rendement moyen, travail du sol), le choix des parcelles, les doses d'apport par hectare, les fréquences de passage, et enfin la tenue d'un cahier d'épandage. Un stockage tampon de cinq jours minimum est imposé, d'où la nécessité de disposer des contenants adéquats.

L'épandage par tonne à lisier est souvent utilisé pour les petites caves, mais pour les caves disposant de champ à proximité, l'épandage par canon fixe ou avec enrouleur peut être envisagé, limitant ainsi les coûts de fonctionnement.

- **L'évaporation**

Le principe de ce système de traitement repose sur l'évaporation de l'eau des effluents et la valorisation par épandage des boues ou des matières sèches résiduelles.

Cette technique est optimisée dans les régions les plus méridionales, où le déficit hydrique annuel est important.

Il est possible de diminuer les surfaces des bassins d'évaporation et/ou d'accélérer le processus d'évaporation en pulvérisant l'effluent sur des panneaux alvéolés ; cette technique est appelée « évaporation forcée », en opposition à l'« évaporation naturelle », qui ne requiert pas d'équipement spécifique autre qu'un bassin de dimension optimisée.

- **Les traitements biologiques aérobies**

Le principe de base de cette méthode est l'oxygénation des effluents ; l'aération contribue au développement de micro-organismes qui dégradent progressivement la pollution soluble. Ces micro-organismes génèrent des boues qui sont généralement séparées en fin de traitement, puis valorisées.

Stockage aéré

Le stockage aéré est une technique réalisée en discontinu, par batch.

Plusieurs opérations sont réalisées successivement dans un même bassin :

- Stockage, après dégrillage, de l'ensemble des effluents depuis la vendange
- Aération et brassage séquentiels
- Décantation des boues générées au cours du traitement

Selon le rendement d'épuration visé, le rejet de l'eau résiduaire peut être effectué vers une station d'épuration communale ou vers le milieu naturel.

Les différents systèmes d'oxygénation ont tous pour but de transférer dans l'effluent la plus grande quantité d'oxygène possible proportionnellement à la consommation électrique. Parmi ces dispositifs, on trouve les aérateurs de surface installés sur des bassins ouverts (en poste fixe ou sur un pont flottant), les hydroéjecteurs à effet venturi (pompe externe ou immergée), les diffuseurs d'air (sous forme de fines bulles) et les roues à aubes sur des bassins ouverts.

Ce système est dit rustique puisque le suivi de l'épuration ne nécessite aucune main d'œuvre spécialisée (sauf pour l'analyse de l'eau avant rejet, confiée à un laboratoire agréé),

le suivi est très léger pendant la période de forte activité que sont les vendanges, et enfin, le procédé peut accepter des variations de charge relativement importantes.

Ce procédé représente souvent une bonne solution de traitement collectif pour les caves de petits volumes.

La mise en œuvre du stockage aéré diffère de par le mode de stockage (bassin ouvert ou fermé), le matériau du stockage, la possibilité de séparer le stockage en deux bassins (un pour la vendange, l'autre pour le reste de l'activité), la programmation et la régulation de l'aération, le mode de traitement de finition (lit de sable, massifs plantés de roseaux), voire la séparation des boues par filtration tangentielle au lieu d'une décantation classique.

Boues activées

Ce procédé biologique continu repose sur la mise en présence de l'effluent à traiter avec une culture bactérienne. Après traitement, le mélange eau-boues est dirigé vers un bac de décantation où les agglomérats de biomasse se déposent ; l'effluent traité peut être rejeté directement en milieu naturel.

L'avantage principal de ce système est lié à son fonctionnement en continu.

Par contre, un tel système doit être dimensionné pour des volumes suffisants et régulièrement répartis sur l'ensemble de l'année ; il requiert également d'être suivi par un personnel formé et disponible ; enfin, un stockage tampon est recommandé pour absorber les pointes de pollution.

- **Les traitements biologiques anaérobies**

Dans cette configuration, les composés organiques sont dégradés par des micro-organismes en absence d'oxygène, ce qui implique une maîtrise différente des conditions du milieu.

Les produits résultant de ce procédé sont l'eau traitée et les boues (en proportion moindre que pour un stockage aéré), mais également un biogaz composé de dioxyde de carbone et de méthane.

Ces techniques ont pour avantages de produire peu de boues, de ne consommer aucune énergie d'aération, et d'offrir la possibilité de revaloriser le méthane produit par récupération de chaleur ou par production d'électricité, rendant ainsi le bilan énergétique de l'épuration positif (énergie renouvelable).

Par contre, le rendement épuratoire anaérobie étant rarement suffisant, un traitement aérobie complémentaire est souvent indispensable.

Bassin de méthanisation

Le bassin de stockage est recouvert d'une bâche interdisant tout contact avec l'oxygène ; ce procédé est rustique, facile à suivre, mais le processus de méthanisation est long et peut générer des nuisances olfactives.

Réacteur anaérobie

Afin d'accélérer le traitement, l'effluent estensemencé avec des boues servant de support à la biomasse épuratrice. Les rendements sont d'autant plus intéressants que la charge des effluents est élevée, d'autant que la quantité de méthane revalorisable est plus importante.

Par contre, pour optimiser le process, il est nécessaire de maintenir une température suffisante (35-37°C), ce qui implique une consommation d'énergie. Enfin, ce type de réacteur nécessite un suivi par un personnel formé et disponible.

- **Autres systèmes biologiques**

D'autres systèmes, dont certains sont encore au stade expérimental, semblent permettre des résultats d'épuration tout à fait satisfaisants.

Filtre gravillonnaire à recirculation

Après un traitement préalable par aération, l'effluent circule plusieurs fois sur un lit de pouzzolane sur lequel se fixe la biomasse épuratrice ; en plus de l'épuration par ces micro-organismes fixés, on observe une diminution progressive du volume de l'effluent par évaporation.

Support de compost

Ce procédé repose sur les propriétés de fixation et de support biologique du compost : la pollution est fixée progressivement par recirculation. Une évaporation sous serre peut également être associée. Le compost obtenu est valorisable par amendement organique sur terres agricoles. Ce procédé permet d'absorber des pointes de pollution importantes et se veut autonome en l'absence de milieu récepteur.

Épandage sur taillis de très courte rotation (TTCR)

Les effluents sont épandus sur un taillis (saulaie, par exemple) au moyen d'un réseau de répartition posé sur le sol ou enterré. Tous les deux ou trois ans, les taillis sont fauchés et le bois obtenu peut être revalorisé sous forme de compost ou de bois de chauffage (énergie renouvelable).

Massifs plantés de roseaux

Ce procédé, également appelé « marais artificiel », reprend le principe des zones humides naturelles en s'inspirant du fonctionnement de ce type d'écosystème.

Les macrophytes (des roseaux, en général) sont plantés sur un massif gravillonnaire assurant la rétention des matières en suspension. L'épuration est assurée par des micro-organismes fixés sur le massif filtrant et sur la rhizosphère ; les plantes évitent le colmatage de surface grâce à leurs mouvements provoqués par le vent. De plus, elles favorisent le phénomène de déshydratation de l'effluent.

Les propriétés épuratoires de ce type de système sont largement utilisées dans le domaine des eaux usées domestiques.

La diversité des systèmes existant permet une multiplicité de solutions, en fonction du contexte en présence.

Les massifs plantés trouvent plusieurs applications :

- Traitement de finition : Dans cette configuration, un traitement biologique préliminaire, de type « stockage aéré » en général, permet d'abattre une fraction importante de la pollution (80 à 95%), de manière à obtenir une valeur de DCO comprise entre 1 et 2 grammes par litre. L'effluent ainsi pré-traité est dirigé vers le système planté ; le rendement épuratoire final autorise un rejet en milieu naturel.
- Gestion des boues : le massif planté retient les matières en suspension et déshydrate les boues ; le lit permet ensuite la minéralisation et le transfert des éléments nutritifs vers la plante. Le produit de la minéralisation, proche d'un compost, est valorisable par épandage direct sur terres agricoles.
- Traitement direct des effluents : les expérimentations menées depuis plusieurs années ont montré que la saisonnalité et la charge permettent rarement d'envisager le traitement direct des effluents de cave sur lits plantés ; cependant, des essais de recirculation d'effluent sur un système planté sans intervention d'une aération extérieure ont donné des résultats encourageants qu'il convient de valider à une échelle industrielle.

Conclusion

Il n'existe aucune solution de traitement des effluents qui puisse être standard ; chaque cave ayant ses particularités et ses contraintes, il est indispensable de raisonner quantitativement et qualitativement la production d'effluents avant d'envisager une solution plutôt qu'une autre, d'autant que le coût d'une installation est évidemment lié à son dimensionnement.

Il existe ainsi une multiplicité de voies d'épuration des effluents de caves, toutes biologiques, qu'elles soient aérobies ou anaérobies.

Ces systèmes ont, pour la plupart, prouvé leur efficacité, mais certaines filières peuvent se révéler hautement consommatrices en énergie.

Il convient donc désormais d'envisager des solutions autorisant des économies d'énergie de fonctionnement substantielles, ou d'adopter des voies permettant une meilleure préservation des ressources naturelles, comme le recours total ou même partiel aux énergies dites « renouvelables », telles que les énergies solaire et éolienne, les biogaz et les biocarburants.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages de références

CIVC, « Gestion de l'eau et des effluents vinicoles en Champagne », CIVC EPERNAY, mai 1999.

ITV France : les filières d'épuration des effluents vinicoles, ITV France, Paris, 2000

JOURJON F., RACAULT Y., ROCHARD J., « Effluents vinicoles, gestion et traitement », Edition FERET, 2001

MULLER D.H., ROCHARD J., BARTRA E., « Gestion des effluents vinicoles » CD-ROM (versions Française, Espagnole, Allemande), diffusion ITV France, 1999.

RACAULT Y., STRICKER A.E., VEDRENNNE J., « Les effluents vinicoles : problématique du traitement et premier bilan sur la conception et le fonctionnement des procédés biologiques ». Ingénieries n°32, Déc. 2002.

ROCHARD J., MOUTON-FERRIER V., « Dépollution des eaux, le traitement des effluents », Académie d'Agriculture, n°87, 2001.

ROCHARD J., (coordinateur) « Gestion des effluents de cave », Cahiers scientifiques et techniques (versions française et anglaise), OIV PARIS, 1999.

ETUDE COMPAREE DE DEUX VIGNOBLES DES COTES DU RHONE EN CONDUITES BIODYNAMIQUE ET RAISONNEE.

Philippe Jean COULOMB, Professeur Honoraire des Universités

Travail financé par le Syndicat International des Vignerons en Culture Biodynamique et réalisé par le Laboratoire de recherche ENIGMA en collaboration avec la Faculté des Sciences d'Avignon.

L'étude a été réalisée sur deux vignobles, Biodynamique et Raisonné, situés sur un plateau à une centaine de mètres d'altitude, en Provence près de la ville de Sarrians (France). Les vignes (syrah et grenache), AOC Côtes du Rhône, sont cultivées sur un sol argilo-calcaire datant de la glaciation du Mindel sous lequel des sables de l'Helvétien favorisent un enracinement profond. La taille pratiquée est le cordon de Royat avec six porteurs maximum. Les vignobles ont subi en 2003 un climat chaud et sec avec des pointes de températures atteignant 35 °C.

L'environnement.

Le vignoble biodynamique est ceinturé par une riche strate arborescente, arbustive et herbacée. Ce milieu abrite de nombreux auxiliaires des cultures comme les chrysopes et les typhlodromes indicateurs d'un milieu non toxique. Cet environnement est inexistant pour le vignoble raisonné, l'interaction biologique est perturbée.

L'analyse des sols.

Les sols des 2 vignobles sont très riches en matière organique (3%) grâce aux girobroyages et apports passés de composts annuels. Toutefois, la microfaune (lombrics, arachnides...) est nettement plus abondante dans les sols biodynamiques.

La teneur en Phosphore est particulièrement élevée pour la Biodynamie (BD) (1,210 g/kg de P2O5) contre 0,4 pour le raisonné (R).

Pour le vignoble BD les taux de potassium et de magnésium sont élevés.

L'analyse pétiolaire.

La fixation du Phosphore est nettement plus élevée pour la BD. : 0,7 % contre 0,2 % pour le Raisonné dans le cas du grenache. Les vignes biodynamiques traduisent une assimilation du phosphore nettement supérieure à celles du raisonné cette concentration laisse présager un meilleur métabolisme énergétique.

Les polyphénols des feuilles et des baies de raisin.

Les feuilles « rouges » ne renferment que du trans-resvératrol. De l'inflorescence à la véraison on constate une disparition progressive de cette phytoalexine. Les feuilles vertes n'en renferment pas.

Jusqu'à la véraison, les polyphénols totaux ont une évolution inversement proportionnelle à celle du resvératrol. Contrairement aux années précédentes, aucune forme moléculaire de resvératrol n'a été retrouvée en 2003 ni dans les baies, ni dans le vin BD. (11,3 mg/l pour la Syrah et 3,25 pour le grenache en 2002).

Dans les baies, c'est pour le cépage Syrah que les concentrations d'anthocyanes et de polyphénols totaux sont les plus élevées. Notons qu'une apparition prématurée des anthocyanes est liée soit à un stress soit au vieillissement.

Le vin raisonné renferme plus de resvératrol que le biodynamique, probablement à cause de l'utilisation des pesticides chimiques qui agissent comme des inducteurs. Il semblerait que les conditions climatiques influent significativement sur les concentrations en phénols.

La cytologie de la baie de raisin

Les résultats biochimiques concordent avec la visualisation des phénols en microscopie.

En microscopie à fluorescence, on constate une remarquable organisation architecturale des baies issues de la BD. Les parois et les vacuoles de la pellicule sont riches en phénols, les tanins sont bien répartis : la défense de la baie est bien assurée.

Par contre, dans le cas du R, on constate une vacuolisation importante des espaces pariétaux. L'architecture des strates de la pellicule n'est pas conservée, la cuticule est souvent altérée, les tanins sont mal répartis. Les structures cellulaires et la répartition des phénols sont perturbées.

CONCLUSION

Les vignobles en culture Biodynamique présentent une meilleure structure et donc un meilleur fonctionnement physiologique. Leur sol est « vivant » et permet une excellente interaction sol-racines.. Les défenses de la vigne sont excellentes et permettent la production de baies remarquablement structurées et équipées en phénols. L'image cytologique de la baie permet de prévoir l'image du vin.

Les travaux en cours (année 2004) portent sur les effets des préparations biodynamiques (en particulier la 500 et la 501) sur les vignes de cépage syrah. Les résultats seront disponibles en janvier 2005 sur le site « biodyvin ».

CONTACTS :

Philippe-Jean COULOMB, ENIGMA, Domus Claudia, hameau de Saint Véran, 84 190 Beaumes de Venise (France).

Tel : 33 04 90 65 00 49 ; Fax : 33 04 90 65 06 56 ; E mail : phil.j.coulomb@wanadoo.fr

Site web : www.biodyvin.com & www.enigma-France.com

RECONNAISSANCE DE VINS ROUGES BIOLOGIQUES DE DIFFERENTS TERROIRS PAR L'UTILISATION DE MARQUEURS VOLATILS : ETUDE EXPLORATOIRE

C.THONAT – D.ARTEAGA

Bio-Sens S.A. – Biopôle Clermont-Limagne – 63360 Saint Beauzire –France

Mots Clefs : chromatographie en phase gazeuse, spectrométrie de masse, SPME, empreintes spectrales

Introduction

Beaucoup de travaux ont été réalisés pour établir une classification des vins en fonction de leur origine géographique (Moio, Schlich & Etiévant, 1994), de la variété de vin (Calleja & Falqué, 2005), du millésime (Moret, Di Leo, Giromini & Scarponi, 1984), ceci en fonction de l'analyse de la fraction volatile, des acides aminés, des protéines, des métaux traces,... Un même cépage peut donner des vins très différents selon le choix des méthodes de vinification mais aussi en grande partie selon le terroir. Les molécules volatiles du vin, plus de 600 composés, ont pour origine d'une part les grappes de raisin (arôme primaire) et d'autre part la fermentation (arôme secondaire). La grande diversité de composés de cette fraction dans le vin augmente les possibilités de discrimination sachant que la composition est influencée par un ensemble de facteurs très hétérogènes tels que la génétique, les conditions pédoclimatiques, la technologie,... Ainsi, une distinction peut être réalisée entre des raisins issus du cultivar « White Riesling » et des raisins issus de cultivar « Riesling », en particulier sur les concentrations de linalool, hœtienol et d'α-terpinéol qui sont très élevées dans les « White Riesling ». Ces terpènes peuvent être présents sous forme libre (généralement odorante), c'est le cas pour le linalool, le géraniol, le nérol et l'α-terpinéol, mais aussi sous forme complexée avec des sucres (peu odorantes) (Fischer, Roth & Christmann, 1999). L'utilisation de la composition en molécules volatiles (Calleja et Falqué, 2005) a permis d'obtenir simultanément des marqueurs liés aux caractéristiques variétales des vignes et des marqueurs différents liés à la situation géographique de production de 2 vins rouges de Galice par rapport à un ensemble de vins AOC espagnols.

Pour d'autres molécules, comme par exemple les esters, leur production et leur diversité sont grandement influencées par les conditions dans lesquelles se réalise l'étape de fermentation : une température élevée associée à un pH bas lors de la fermentation entraîne une très faible production d'esters.

Aucune publication ne fait encore référence à une classification selon le mode de culture biologique et de son impact sur la composition en molécules volatiles des vins. Les résultats de ce travail sont exploratoires afin d'évaluer d'une part les potentialités techniques analytiques génératrices d'empreintes et d'autre part la pertinence de l'utilisation des molécules volatiles comme marqueurs de l'origine géographique et du mode de culture biologique pour la discrimination de vins rouges du Sud de La France.

Matériel et méthodes :

Les analyses séparatives :

Tableau I

Echantillons de vins rouges analysés par la technique de micro-extraction en phase solide - chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse (SPME-GC-MS)

CODE	BIO/NON-BIO	REGION	POOL	Analyse mode cultural	Analyse origine géographique
VBCP	bio	Côtes de Provence	2 vins différents	Oui	Oui
V2CP46	non bio	Côtes de Provence	seul	Oui	Oui
VBCAP	bio	Coteaux d'Aix en Provence	2 vins différents	Oui	Oui
V2CAP43	non bio	Coteaux d'Aix en Provence	seul	Oui	Oui
VBC	bio	Côtes du Ventoux	2 vins différents	Oui	Oui
VCV	non bio	Côtes du Ventoux	2 vins différents	Oui	Oui
VBOCRV	bio	Côtes du Rhône Village	2 vins différents	Oui	Oui
VCRV	non bio	Côtes du Rhône Village	2 vins différents	Oui	Oui
V1CR41	non bio	Côtes du Rhône	seul	Oui	Non
VB1CR10	bio	Côtes du Rhône	seul	Oui	Non
VB1CR70	bio	Côtes du Rhône	seul	Oui	Non
V2CR68	non bio	Côtes du Rhône	seul	Oui	Non
VB0CR71	bio	Côtes du Rhône	seul	Oui	Non

Une fibre de micro-extraction en phase solide est introduite dans une fiole sertie contenant l'échantillon et reste au contact de l'espace de tête afin de piéger les molécules volatiles.

L'injection des molécules volatiles dans un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse est réalisée par désorption thermique de la fibre à 280°C. La séparation des composés volatils a été conduite avec une colonne capillaire apolaire. Les spectres de masse sont mesurés en impact électronique à 70 e.V.

L'identification des molécules volatiles est obtenue par comparaison des indices de rétention expérimentaux à ceux de la banque mise en place par Kondjoyan & Berdagué (1996) et la base de données interne couplée à la comparaison des spectres expérimentaux à ceux de la banque NIST 108 K et WILEY 275 K.

Les analyses globales :

57 échantillons ont été analysés dans le cadre de l'étude vins issus de l'agriculture biologique / vins issus de l'agriculture conventionnelle et 50 échantillons ont été analysés pour l'étude de l'origine géographique par la technique de micro-extraction en phase solide – spectrométrie de masse (SPME-SM).

Une fibre de micro-extraction en phase solide est introduite dans une fiole sertie contenant l'échantillon et reste au contact de l'espace de tête afin de piéger les molécules volatiles. Les molécules sont injectées directement dans le spectromètre de masse par désorption thermique de la fibre à 280°C. Chaque échantillon est analysé trois fois.

Les analyses statistiques des données ont été réalisées avec le logiciel Statistica 6.

Résultats

Recherche des marqueurs qualitatifs du mode cultural

91 molécules volatiles ont été identifiées dans les 13 échantillons de vins. Les molécules majoritaires des vins sont l'éthanol, l'éthyl acétate, les butanol 2- et 3-méthyl, l'éthyl caproate, l'éthyl octanoate et l'éthyl lactate.

Une analyse de la variance a permis de sélectionner 8 molécules volatiles parmi ces 91 afin de discriminer les vins issus d'une culture biologique et ceux issus d'une culture conventionnelle. L'analyse en composantes principales réalisée avec ces 8 molécules est présentée figures 1a et 1b. Le plan principal (1,2) condense environ 70% des informations. L'axe 1 permet de séparer les vins biologiques (à gauche de l'axe) des vins non biologiques (à droite de l'axe). 2 molécules semblent caractéristiques des vins non bio : le 2-méthylfurane et l'éthyl acétate. Les 6 autres molécules permettent de séparer les vins biologiques des vins non biologiques : l'éthyl pentanoate, le diéthyl butanedioate, le p-cymène, le cumène et les 2-méthyl et 3-méthyl-éthyl butanoate.

Figure 1a : Analyse en Composantes Principales 6 vins non bios / 7 vins bios, projection sur le plan (1,2)

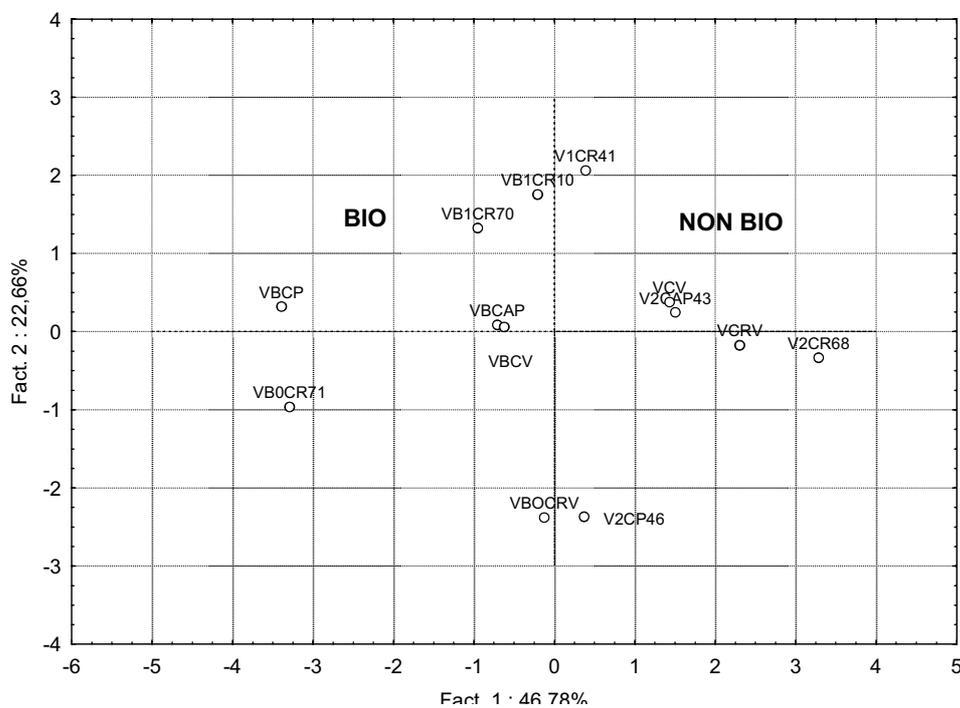
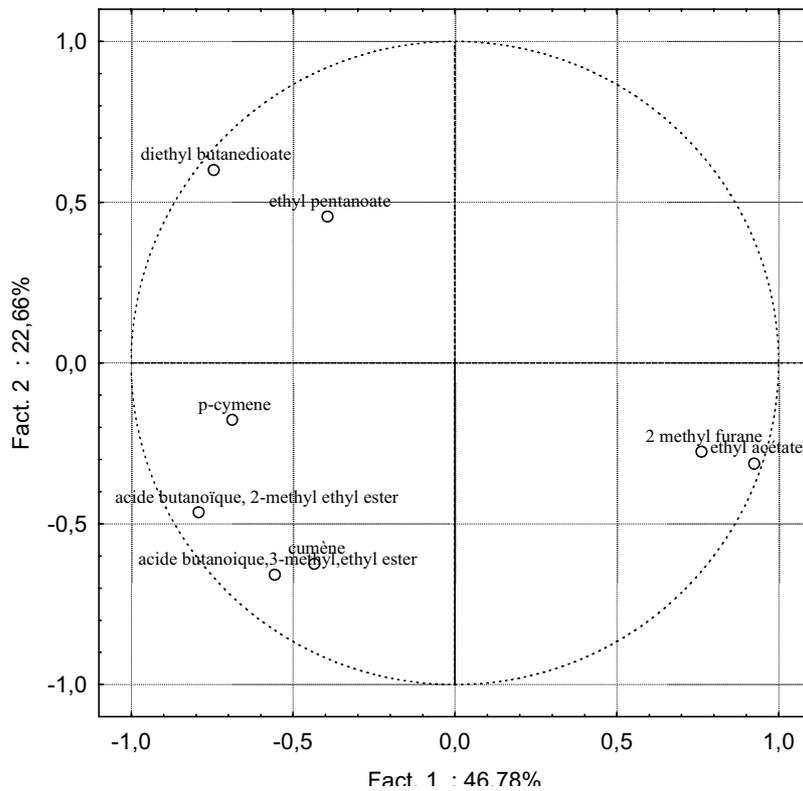


Figure 1b : Analyse en Composantes Principales - projection des variables sur le plan (1,2)



Une Analyse Factorielle Discriminante (AFD) (figure 2) a ensuite été réalisée selon le critère « mode culturel » et a permis de séparer à 100% les vins biologiques des vins conventionnels avec les molécules suivantes : l'isoamylacétate, le cumène, l'éthyl pentanoate, l'acide isobutyrique, le 2-méthyl-éthyl butanoate et le 2-méthylpropanol.

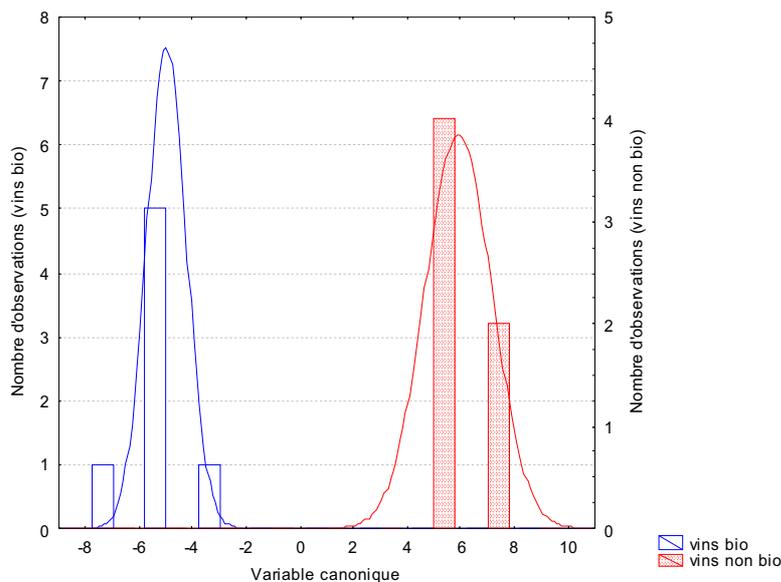


Figure 2 : Modèle de classification des vins biologiques et non biologiques

Recherche des marqueurs qualitatifs de l'origine géographique

Une décomposition de la variance a permis de sélectionner 25 molécules volatiles qui discriminent au mieux les vins selon leur origine géographique.

L'analyse en Composantes Principales réalisée sur ces 25 composés et avec les 8 vins est présentée figures 3a et 3b. Le plan (1,2) condense environ 89% de l'information. L'axe 1 permet de séparer les vins Côtes du Rhône des 3 autres régions de production étudiées. L'axe 2 sépare les Côtes de Provence, les Coteaux d'Aix-en-Provence et les Côtes du Ventoux. Les Côtes du Rhône sont discriminés des autres vins par les molécules suivantes : le 1-butanol, le 2-méthylpropanol, les 2- et 3-méthylbutanol, l'isobutyl acétate, l'éthyl lactate, le sulfide diméthyl et le 3-méthylbutanal. Les autres vins sont caractérisés par des esters, les Côtes de Provence par des xylènes et les Côtes du Ventoux par le benzaldéhyde.

Figure 3a : ACP - 2 vins côtes du rhône village (CRV), 2 vins côtes du Ventoux (CV), 2 vins côtes de Provence (CP), 2 vins côtes d'Aix-en-Provence (CAP)

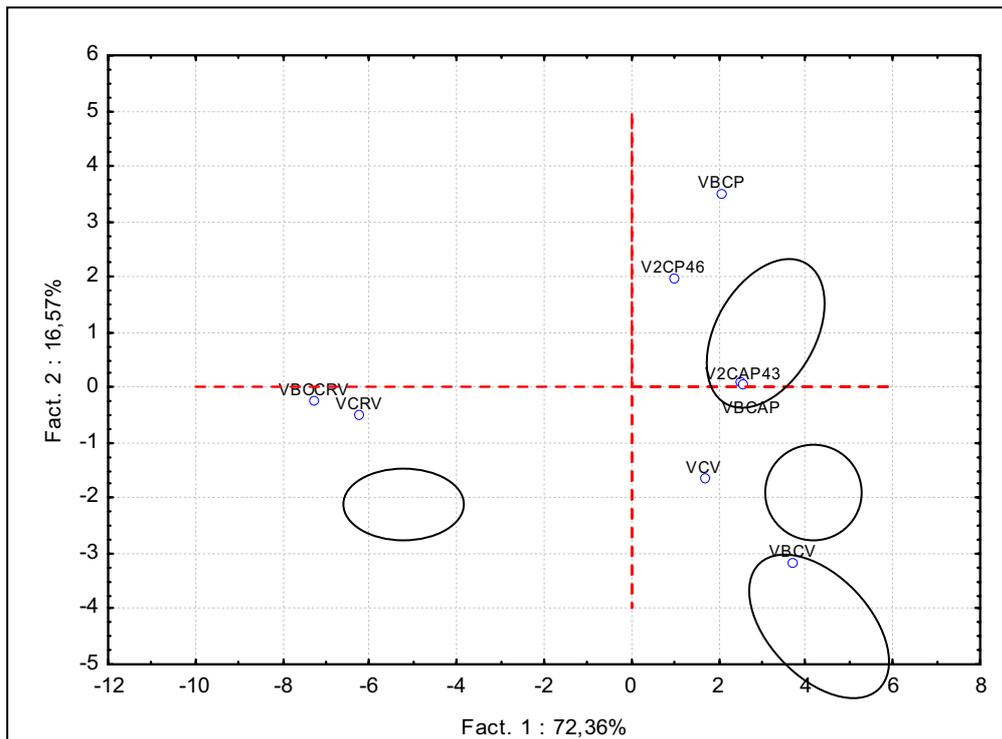
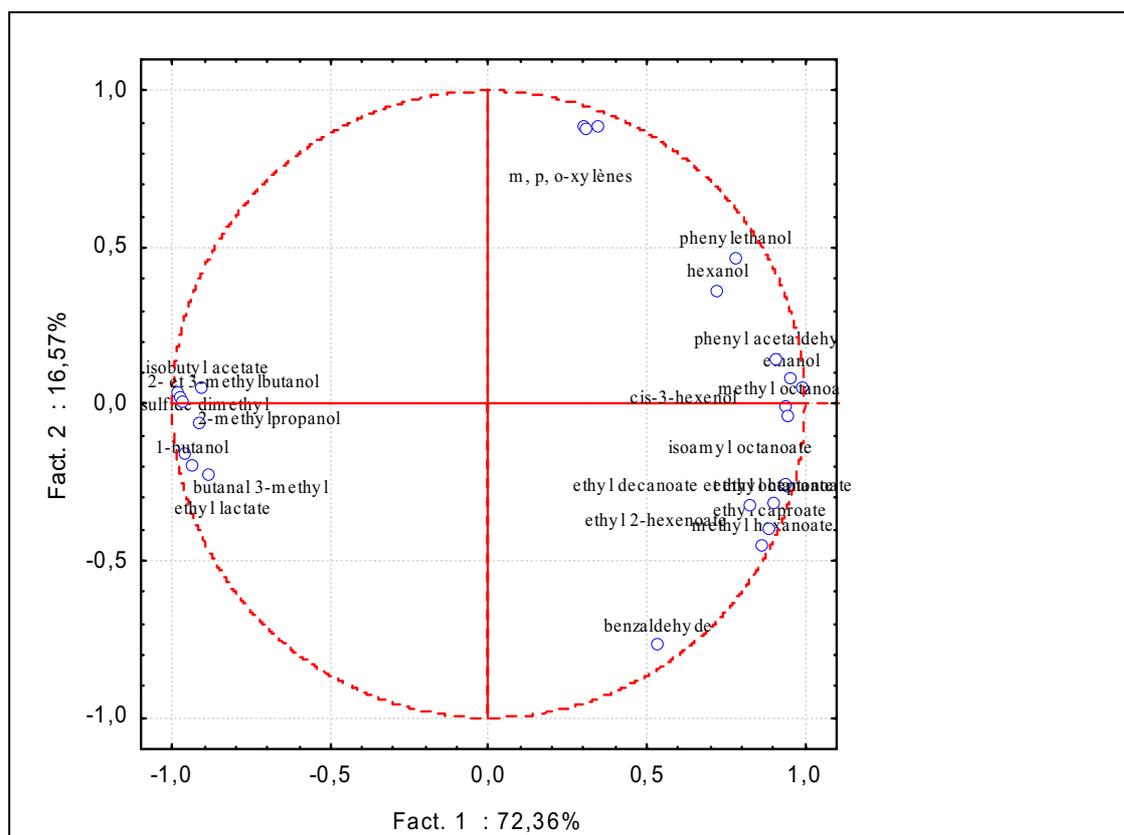
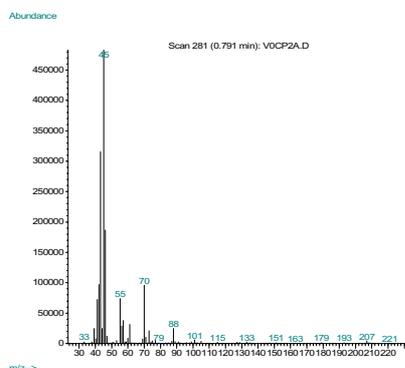


Figure 3b : Analyse en Composantes Principales - projection des variables sur le plan (1,2)



Les empreintes globales :



Le signal obtenu se présente sous la forme d'un pic asymétrique de 2 minutes environ. L'empreinte correspond à l'abondance moyenne des fragments de masse compris entre 33 et 250 u.m.a. (Unité de Masse Atomique). La figure 4 présente 1 exemple d'empreinte spectrale d'un échantillon de vin analysé par SPME-SM.

Les empreintes génèrent un tableau de données spectrales constitué de variables (les fragments m/z) et d'observations (les échantillons de vins) qui permet les différents traitements statistiques conduisant à l'établissement des modèles de discrimination.

Figure 4 : exemple d'empreinte générée par la technique de SPME-SM

Modèle de classification des vins selon le mode de culture

Une AFD (Analyse Factorielle Discriminante) réalisée sur les 57 vins, selon le critère « mode cultural », a permis de classer 100% des échantillons en 2 groupes avec 11 variables (Figure 5).

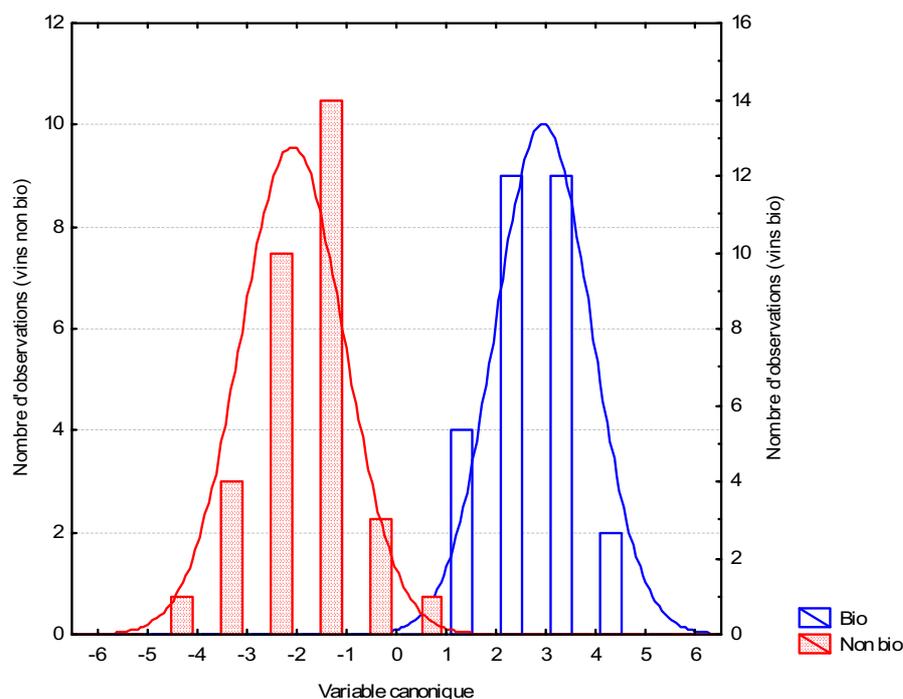
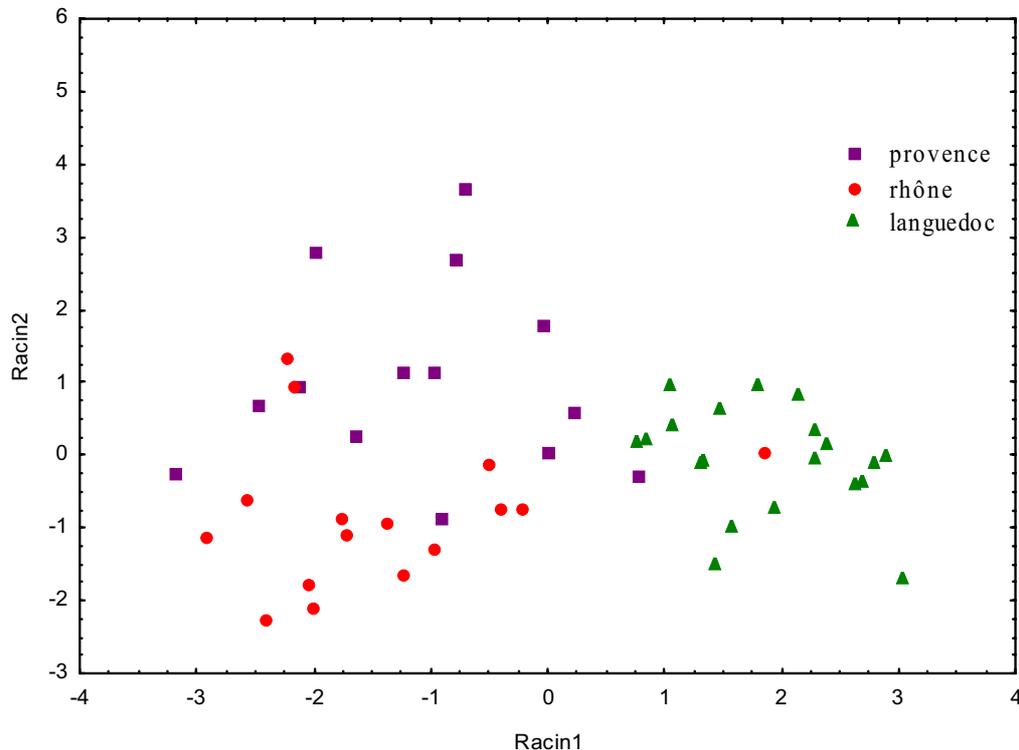


Figure 5 : Modèle de classification des vins biologiques et non biologiques par analyse rapide

Modèle de classification des vins selon leur lieu de production

Une AFD (Analyse Factorielle Discriminante) réalisée sur les 50 échantillons provenant de 3 régions de production a permis de classer 88% des échantillons avec 7 fragments de masse (figure 6). Tous les échantillons du Languedoc sont bien classés. Parmi les 14 échantillons de Provence, 2 sont classés dans les vins du Rhône et 1 est classé dans les vins du Languedoc. Parmi les 16 échantillons du Rhône, 2 sont classés avec les vins de Provence et 1 avec les vins de Languedoc.

Figure n°6: Analyse Factorielle Discriminante - fragments F211, F126, F164, F224, F225, F96 et F137 - 88% de bon classement



Conclusion

Les techniques de SPME-CPG-SM (mode séparatif) et SPME-SM (mode rapide) ont permis de discriminer les vins issus de l'agriculture biologique des vins issus de l'agriculture conventionnelle en fonction de leur composition en molécules volatiles. Elles permettent également de discriminer les vins selon leur région de production.

L'étude en mode séparatif nous renseigne sur les molécules intervenant dans la discrimination biologiques/non biologiques, ainsi que dans la discrimination géographique.

Le modèle de classification biologique/non biologique obtenu par la technique rapide est prometteur car il permet de discriminer les vins biologiques des vins non biologiques à 100% en un temps réduit par rapport aux analyses séparatives.

Le modèle de classification selon l'origine géographique ne classe les échantillons qu'à 88%. La région Rhône prend en compte des échantillons aussi bien provenant de la zone Rhône-Nord que de la zone Rhône-Sud. De plus, plusieurs années de production sont représentées ainsi que les 2 types de culture (biologique et conventionnelle).

Lors de la poursuite de cette étude l'analyse d'un plus grand nombre d'échantillons permettra de construire des modèles plus robustes c'est-à-dire prenant mieux en compte les variabilités intra-groupes et pourra permettre de lisser les effets technologiques et autres étapes pouvant influencer le profil en molécules volatiles.

Références bibliographiques

Moio, Schlich & Etiévant, (1994), Acquisition et analyse d'aromagrammes de vins de Bourgogne issus de cépages de chardonnay ; Sciences des aliments,14,601-608.

Calleja & Falqué, (2005), Volatile composition of Mencia wines, Food Chemistry,90,357-363.

Moret, Di Leo, Giromini & Scarponi, (1984), Multiple discriminant analysis in the analytical differentiation of venitian white wines. Application to several vintage years and comparison

with with the k nearest-neighbour classification. Journal of Agricultural and Food Chemistry,35,1004-1011.

Fischer, Roth & Christmann, (1999), The impact of geographic origin, vintage and wine estate on sensory properties of vitis vinifera cv. Riesling wines, Food Quality and Preference,10,281-288.

Kondjoyan & Berdagué (1996) A compilation of relative retention indices for the analysis of aromatic compounds, Edition du Laboratoire Flaveur.

Remerciements : nous tenons à remercier le GRAB, l'ICV et le lycée Charlemagne de nous avoir fournis les échantillons de vins biologiques et non biologiques nécessaires à cette étude.

LE POINT SUR LA MISE EN PLACE DE LA CHARTE DE VINIFICATION.

A. MERCIER

Association Interprofessionnelle des Vins Bio du Languedoc-Roussillon
Mas de Saporta CS 50 023
Maison des Agriculteurs, bat A
34875 LATTES Cedex

Gestion administrative de la charte

Nouvelles inscriptions

Suite à la diffusion du formulaire dans la lettre d'info spécifique à la charte, 7 viticulteurs non adhérents en 2003 manifestent leur intérêt. Finalement trois adhèrent réellement en payant un contrôle pour le millésime 2004. Ce sont des caves de taille moyenne, et toutes plutôt bien organisées par rapport à la moyenne en ce qui concerne la traçabilité en cave. Cela semble peu de nouveaux adhérents à l'échelle d'une région comme le Languedoc-Roussillon, cependant les viticulteurs appliquent ou cherchent à appliquer les standards chez eux. Pour adhérer concrètement à la charte en payant le contrôle qui est une charge financière supplémentaire, le plan de communication doit faire ses preuves. En effet la charte en est à sa deuxième année d'application, et l'an dernier les possibilités de communication avaient été réduites en raison de difficultés financières et administratives. Cette année l'accent a été porté d'avantage sur la communication.

Retour des contrôles et commission de validation

Les contrôles de l'application de la charte ont été réalisés entre le 22 janvier et fin novembre 2004 par la société Ecocert, car l'ensemble des adhérents charte est certifié par Ecocert pour le vignoble. Evidemment, les autres organismes de contrôle ont la possibilité de contrôler l'application de la charte si leurs clients pour le vignoble adhèrent à la charte par le biais de leur organisation régionale. Chaque dossier a fait l'objet d'un examen soigneux et du relevé des points de non-conformité mentionnés, afin de simplifier ensuite la lecture par la commission charte de validation. Certains écarts sont récurrents, l'AIVB envoie donc à tous les adhérents un bilan des contrôles en insistant sur ces points et les exigences minimales du contrôle pour le millésime 2004 et suivants.

Les formulaires de contrôle utilisés pour la vérification sur le terrain de l'application de la charte des vins bios sont inutilement longs à remplir pour le contrôleur. De plus, sa formulation représente un surplus de papier. Par conséquent, l'expérience du terrain permet d'en établir de nouveaux, plus concis, mieux dirigés, qui permettront également un autocontrôle de la part du vigneron, et une lisibilité plus grande pour tous. Ils sont disponibles à l'AIVB-LR et peuvent être une base d'autocontrôle ou d'autodiagnostic pour les vigneron.

La commission se réunit après la vendange au mois d'octobre/novembre pour étudier les rapports de contrôle et délivrer les attestations. Les attestations sont délivrées pour un an. Pratiquement, il est réalisé en commission une conclusion ou rapport d'anomalies au vu du rapport de contrôle, accompagné d'une demande d'amélioration. Le contrôle prend l'aspect d'un contrôle atelier et non pas produit, car la vérification des lots de vin au fur et à mesure de leur commercialisation n'est pas possible. D'autant plus que l'on souhaite ajouter à terme des mesures concernant les effluents et les produits d'hygiène. Cependant l'ensemble des lots de bouteilles produits et des cuves vendues fait l'objet d'une vérification des doses de SO₂, un des points important de revendication de la charte.

De manière générale c'est la commission qui apprécie la gravité des fautes. Il est possible d'exclure une ou des cuves, elles sont alors inscrites sur l'attestation, ou bien de les accepter mais la faute fait l'objet d'un avertissement sur le rapport d'anomalies.

Communication

Lettre d'info

La charte a fait l'objet de deux lettres d'info spécifiques : une en janvier une en juin 2004. Le premier numéro traite du bilan de la mise en place en 2003. Il a été distribué aux adhérents à la charte, aux adhérents AIVB par mail, ainsi qu'aux structures régionales de l'agriculture biologique des autres régions.

Le deuxième numéro paru en juin 2004 rappelle l'intérêt de la démarche de mise en place de la charte en cave. Il contient un résumé d'article sur les dernières avancées en terme de traitement des effluents de cave, dans l'objectif de réaliser une réunion d'information sur le sujet si suffisamment de viticulteurs sont intéressés. Face aux difficultés d'approvisionnement en albumine bio pour le millésime 2003, les fournisseurs identifiés et leur prix sont listés afin de faciliter l'approvisionnement par la suite. Compte tenu de la proximité des contrôles d'application la lettre d'info rappelle également les rôles et objectifs du contrôle de la charte. En réponse aux remarques faites par les viticulteurs sur l'usage des solutions de SO2 non stabilisés, un article reprend quelques précautions de base. Enfin elle contient le formulaire à retourner si l'on est intéressé par la charte ou par la réunion sur le thème des effluents.

Cette lettre d'info semestrielle se veut être un vecteur d'échange d'information entre les vigneronns et les structures encadrant la mise en place.

Identifiant

Suite à la discussion avec M. Malvaldi de la DGCCRF, il est clair que nous ne pourrons jamais utiliser la mention Vin Bio en ce qui concerne la charte. Nous devons utiliser des termes légaux comme "charte des vins issu de raisins de l'agriculture biologique" ou "charte de vinification des raisins de l'agriculture biologique" dans nos communications écrites.

Face à cette impossibilité d'utiliser le logo envisagé dans son temps par la FNIVAB compte tenu de l'inflexibilité de la DGCCRF, l'AIVB-LR propose un nouvel identifiant, conforme aux contraintes de la réglementation. Le projet plait à l'ensemble des personnes consultées et le logo est retenu pour figurer sur une plaquette de présentation de la charte et sur divers supports de communication.



Utilisation du logo AB pour les vins : La récente autorisation d'utiliser le logo AB sur les bouteilles de vin issu de raisin de l'agriculture biologique remet la France au même niveau que ses concurrents européens. Certains pensent que cela pénalise la démarche de la charte. Mais n'oublions pas que, quoi qu'il en soit la vinification reste pour l'instant exclue de la réglementation. La certification AB ne porte bien que sur les raisins. L'adhésion à la charte pour la continuité de la démarche bio du raisin à la bouteille reste tout à fait d'actualité. D'autant plus que l'Europe commence à ce pencher sur la vinification en atelier bio et sur les différents cahiers des charges existants. Il y a fort à parier de la mise en place à terme d'une législation sur ce point. Aussi est il important de ne pas se laisser distancer par ces démarches.

Plaquette

Il a été décidé par la commission charte la réalisation d'une plaquette comme vecteur de communication pour expliquer la démarche de la charte. Ce triptyque, support synthétique des points importants, est réalisé et envoyé à l'ensemble des acheteurs inscrits à Millésime

Bio. Ensuite, tirée à d'avantage d'exemplaires, elle peut être utilisée directement par les producteurs, auprès de leurs acheteurs habituels et au sein de leur caveau.

Bilan des vinifications 2003

Les difficultés fermentaires de 2003 font réfléchir sur les **produits utilisables** comme les levures inactivées.

La **stabilisation tartrique** des mises précoces pose problème. C'est-à-dire comment remplacer l'acide métatartrique qui est facile d'utilisation et peu coûteux. Plusieurs solutions existent mais elles sont toutes plus coûteuses que l'acide métatartrique. L'électrodialyse donne de bons résultats avec des opérateurs sérieux. Cela reste cher et avec un volume minimum à traiter proche de 50hL. La stabilisation par le froid marche plus ou moins bien. Le vin perd en général plus qu'il ne gagne par cette stabilisation. La stabilisation pose des problèmes économiques. Le coût de cette opération, le producteur la prend sur sa marge, tout en fatiguant plus son vin. Enfin le froid présente des risques d'oxygénation du produit. Il reste la solution de la contre étiquette avertissant que le dépôt au fond de la bouteille et du verre est tout à fait normal et d'origine naturelle... Pour ceux qui désirent absolument une stabilisation, il existe d'autres solutions :

- Des cuves de stabilisation incluant une douche à tartre, une enveloppe, un agitateur et un système de détente directe pour le froid.
- Introduction d'une pompe « vide cave » dans une cuve pour une agitation sans contact avec l'air
- Utilisation de tanks à lait (froid + agitation, possibilité de volumes très petits)

Le sulfitage par le biais de la solution sulfureuse est parfois fastidieux notamment pour les barriques (dosage, homogénéisation). M. Coste fait remarquer que dans ce cas il est certainement plus agréable et plus facile de travailler avec des micro-doseurs de gaz. Plusieurs marques proposent ce type de produit. Cependant, le sulfitage du moût par le gaz n'est pas très efficace, et dans ce cas il faut sulfiter en utilisant la solution.

Pour être mieux au fait de la protection de son vin la donnée du SO₂ actif semble très intéressante, car tient compte du pH, de l'alcool et des tanins.

Etudes des points non rédigés de la charte

Produits d'hygiène

Les produits d'hygiène sont un sujet assez mal connus des viticulteurs comme des fournisseurs et des techniciens. Il y a douze ans, l'ICV avait mené une étude en collaboration avec Diversey.

Trois types de produits sont rencontrés principalement dans les caves :

- les alcalins (soude, lessive de soude,...) qui servent à détartrer
- les alcalins chlorés qui désinfectent
- les peroxydes (peroxyde d'hydrogène, peracétique, ...) qui sont également des désinfectants.

Pourquoi choisit on un alcalin chloré ou un peroxyde ? La réponse est difficile. D'un côté les alcalins chlorés sont soupçonnés de représenter un risque vis-à-vis du goût de bouchon. De l'autre, les peroxydes sont très instables, chers et facilement inflammables

L'idéal écologiquement est un nettoyage uniquement à l'eau chaude sous pression, seulement plusieurs problèmes se posent :

- résistance des tuyaux, il existe des tuyaux renforcés supportant mieux la chaleur que d'autres, mais ils sont très coûteux
- danger pour l'utilisateur (à 70-80 °C, là où c'est très intéressant pour l'hygiène, la manipulation devient risquée).
- C'est également mauvais pour les pompes

L'utilisation d'un générateur d'eau chaude sous pression type Kärcher est possible avec les inconvénients suivants : générateur fonctionnant au carburant à stocker à l'extérieur de la cave pour ne pas transmettre les odeurs au vin, flexible long par conséquent, impliquant des importantes pertes de charge donc de pression à la sortie du jet. L'eau chaude pourrait être produite également par une centrale électrique, mais l'idéal biologique serait l'énergie solaire...

La question des produits d'hygiène a fait l'objet de beaucoup de recherches pour peu de conclusions. Le sujet est très complexe et ces études doivent être prises comme un début d'éclaircissement du problème pour la suite.

Effluents

L'ensemble des viticulteurs est sensible aux points les plus importants quantitativement et qualitativement du traitement des effluents, comme la valorisation des terres de filtration, des bourbes, des lies et des marcs. L'économie de l'eau est également un point réfléchi. En ce qui concerne le retraitement des effluents, les progrès à faire sont plus grands. La moitié des exploitations seulement traite ses effluents. Les freins à la mise en place du traitement sont de plusieurs types : taille de l'exploitation et sa capacité d'investissement, situation de la cave dans un village ou isolée, méconnaissance de la législation, des techniques et des aides existantes, solutions de traitement souvent coûteuses et mal adaptées aux petites exploitations.

Pour répondre aux besoins qui ont été soulignés, l'AIVB-LR a proposé après les vendanges 2004 une réunion permettant de faire un point sur

- la législation et la mise en conformité des exploitations,
- les aides proposées pour la mise en place de solutions de traitement
- les systèmes de traitement appliqués aux petites et moyennes caves.

Pour recenser les vigneron intéressés, un formulaire de participation est publié dans la lettre d'info charte et dans la lettre d'info de l'AIVB.

Une dizaine de vigneron se manifestent. Cinq se déplaceront à la réunion, cependant le compte rendu a été demandé par beaucoup d'autres viticulteurs. L'intérêt des viticulteurs bio pour la gestion des effluents est important, d'autant plus qu'il s'agit d'un moyen de défendre leur image. L'agriculture biologique se veut avant tout respectueuse de l'environnement par ses pratiques. La gestion des effluents est un point clé de ce principe, qu'il conviendrait de développer d'avantage au sein des structures de la bio, afin de regrouper les personnes et les moyens autour d'un projet collectif.

CONFERENCE 2 – USAGES DU CUIVRE EN VITICULTURE

INTRANTS DESTINES AUX PRODUCTIONS VEGETALES. QUELLES EXIGENCES REGLEMENTAIRES ACTUELLES ?

Jean Claude Fardeau (Chargé de mission INRA et Président de la CMFSC¹)
Monique Jonis - ITAB 149, rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

Voici un bref rappel de l'état actuel de la réglementation concernant la mise sur le marché des intrants destinés aux productions végétales.

Utiliser des intrants agricoles peut présenter des risques pour l'homme, les animaux et l'environnement. Les procédures d'évaluation et d'autorisation des produits visent à garantir l'efficacité des produits et à s'assurer d'un niveau de toxicité acceptable permettant de limiter les risques. Ces procédures sont normalement harmonisées au niveau communautaire. Cependant, des disparités dans les méthodes d'évaluation peuvent apparaître entre différents pays.

Les principaux intrants : les matières fertilisantes et les phytopharmaceutiques

La définition réglementaire (article L. 255-1 et suivants du code rural français) indique que :

*“les **matières fertilisantes** sont des produits dont l'emploi est destiné à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Il s'agit notamment des engrais et amendements basiques et/ou organiques”.*

Les textes stipulent également que “les engrais ont pour fonction principale d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition (éléments majeurs, secondaires et oligo-éléments)” et que les amendements s'ils sont “minéraux basiques ont pour fonction principale de maintenir ou d'élever le pH du sol et d'en améliorer les propriétés” alors que s'ils sont “organiques ils sont constitués de combinaisons carbonées d'origine végétale, fermentées ou fermentescibles et sont destinés à l'entretien ou à la reconstitution du stock de la matière organique des sols”.

Les produits phytopharmaceutiques (Directive 91/414/CEE du Conseil du 15 07 1991) sont destinés entre autres “à protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles et à prévenir leur action en exerçant une action sur les processus vitaux des végétaux pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives”. Ainsi, on peut affirmer que les produits **phytopharmaceutiques ou phytosanitaires** ont pour objet d'éliminer les organismes considérés comme nuisibles.

C'est dire, par comparaison avec les objectifs assignés à ces deux groupes d'intrants, que les matières fertilisantes sont définies par des propriétés **positives** par rapport à des processus impliqués dans la production végétale, alors que les phytosanitaires ayant pour objet d'éliminer des organismes vivants, en principe ciblés, doivent être considérés comme des **biocides**.

Le cadre général des exigences réglementaires

L'objet de cette présentation n'est pas de rappeler dans le détail l'ensemble des exigences réglementaires concernant les intrants agricoles, mais simplement d'en retracer les grandes lignes pour ce qui concerne les phytosanitaires et les matières fertilisantes, c'est-à-dire des intrants susceptibles d'entrer dans, ou en contact avec, les produits récoltés.

Ces exigences réglementaires ont quatre objectifs sociétaux. Il s'agit d'assurer :

- sur le thème de **la sécurité alimentaire**, la protection des consommateurs des biens récoltés après utilisation de ces produits ;
- sur le thème de **la sécurité sanitaire**, la protection des aliments ;

¹ CMFSC : Commission des Matières Fertilisantes et des Supports de Culture

- sur le thème de **la protection de l'utilisateur du produit**, la protection contre des malfaçons et des inconstances d'efficacité du produit, mais aussi contre des risques liés à son utilisation ;
- sur le thème de **la protection de l'environnement**, l'absence d'un impact potentiel de ces produits sur les écosystèmes naturels, aquatiques notamment, mais aussi sur des organismes vivants non cibles.

Ces différentes exigences de sécurité et de protection imposent que les intrants fassent l'objet d'une évaluation toxicologique et écotoxicologique. Les contraintes réglementaires, tout en étant fort raisonnables, ont pour conséquence que, pour chaque intrant mis sur le marché, son producteur :

- doit avoir fait la preuve, dans les conditions d'emploi préconisées, d'une part de son **innocuité environnementale** et d'autre part de son **efficacité** ;
- ne peut revendiquer, en matière d'information fournie à l'utilisateur du produit, que les effets dont il a apporté la preuve et qui ont été reconnus par les commissions *ad hoc*. En d'autres termes, un produit ayant obtenu une autorisation de vente, par quelque méthode que ce soit, pour un critère de type "fonction fertilisante" ne peut pas faire état d'un critère "fonction phytopharmaceutique" si cette dernière n'a pas été démontrée et que l'ensemble des tests demandés dans le cadre de la réglementation phytosanitaire n'a pas été effectué.

L'innocuité environnementale

Tout produit biotoxique mis sur le marché à destination de la production végétale doit passer par le filtre de la **Commission d'étude de la toxicité**, plus connue sous le nom de **commission des toxiques** (ou encore COMTOX), afin de quantifier leur toxicité et écotoxicité. Toxiques, par fonction, pour des organismes vivants dans certaines conditions d'emploi et à certaines doses, il est indispensable que les phytosanitaires fassent l'objet d'évaluations toxicologiques et écotoxicologiques très poussées. Ce type d'évaluation concerne d'abord l'examen des **effets sur les cibles non intentionnelles**, les "organismes non-cibles, – c'est-à-dire l'examen des "effets collatéraux" ou des "bavures". La COMTOX est en charge de ces analyses. Il s'agit d'un filtre souvent long et très onéreux, compte tenu des renseignements toxicologiques à fournir. On peut raisonnablement imaginer que seules des firmes "aux reins solides" entreprennent cette démarche.

Quant aux matières fertilisantes, dont les fonctions escomptées sont positives par rapport au développement du vivant, elles doivent également, et logiquement, faire l'objet d'une analyse écotoxicologique. Mais cet examen est moins poussé que celui requis pour les phytopharmaceutiques.

L'efficacité des intrants

La preuve de l'efficacité dans les conditions d'emploi préconisées, validée par une démonstration scientifique, repose sur la mise en place et l'analyse d'essais effectués dans les conditions d'emploi préconisées. Cette efficacité sera testée en général en analysant les données expérimentales permettant de comparer, au minimum, une modalité de traitement avec le produit et une modalité de traitement sans le produit. Situés par excellence dans le domaine de la biologie, ces essais doivent comporter suffisamment de répétitions pour pouvoir subir le feu d'analyses statistiques appropriées et reconnues de la communauté scientifique.

La constance des produits

Constance des effets phytopharmaceutiques sur les cibles visées, constance des non-effets sur les cibles non intentionnelles, constance de l'efficacité des matières fertilisantes, reposent sur la constance de composition des produits. Ce qui impose, le plus souvent, de connaître la (ou les) substance(s) active(s) contenue(s) dans le produit, ou au moins de connaître des marqueurs et/ou des indicateurs permettant d'évaluer la stabilité du produit.

ENQUETE PHYTOSANITAIRE GIRONDE – DORDOGNE

Eric MAILLE

CivamBio 33- 7 le Grand Barrail, 33 570 Montagne.

Tél. : 05 57 74 03 25, fax : 05 57 25 38 61, e-mail : civam.bio33@free.fr

Introduction

Comme Chaque Année, en fin de campagne le Civam Bio 33 organise une enquête sur le déroulement de la campagne phytosanitaire de l'année. Il s'agit de répertorier au mieux les pratiques des vignerons Bio ou en Conversion, afin de pouvoir établir un bilan le plus proche possible de la réalité.

I - Déroulement de la Campagne

La saison s'est déroulée de manière satisfaisante, les situations pouvaient être très différentes, en fonction de la pluviométrie (orages, mais aussi Brumes et rosée matinale) enregistrée.

Cette année si la pression mildiou n'a pas été très forte, le risque était tout de même bien présent, aussi bien sur feuilles que sur grappes. Le black rot est apparu très tôt et a continué à se développer jusque sur grappe. Sur le réseau (Gironde et Dordogne, environ une quinzaine de parcelles suivies) l'oïdium est resté très discret avec des niveaux d'attaques (intensité et fréquence) bas. Les traitements au soufre commencés tôt et menés régulièrement y sont sans doute pour beaucoup, dans tous les cas pas d'attaque sévère comme il en a été constaté par nos collègues conventionnels. Les attaques de botrytis ont été très hétérogènes, en fonction : de la situation pédo-climatique de la parcelle, de son état sanitaire, des mesures de prophylaxie engagées.....Même cas de figure pour le mildiou mosaïque qui, à de rare exception a été bien maîtrisé.

L'accessibilité aux parcelles (portance) est également un vrai problème en agriculture biologique, dans la majorité des cas le sol est soit entièrement travaillé, soit avec un couvert spontané, dans les deux cas il n'a pas la portance nécessaire pour permettre la réalisation rapide et dans de bonnes conditions, des traitements. Les couverts sont donc un plus : amélioration de la portance, de la biodiversité, de la vie du sol, limitation des contaminations de certains champignon...

Cette année le risque Botrytis était moyen, les premiers symptômes ont été observés dès la mi juillet (Bourgeais et Blayais) jusqu'à fin août (sur la parcelle de référence de la zone Bergeracoise). La réceptivité des baies au Botrytis en 2004 était moyenne, cette valeur ne permettait pas de dégager le niveau de risque. Cependant les conditions de végétation de 2004 (fortes charges) devaient inciter à la prudence et la mise en place de mesures prophylactiques. Ce sont essentiellement les conditions climatiques jusqu'à la vendange qui ont déterminés le niveau de dégâts du Botrytis.

La Gironde et la Dordogne ont subi plusieurs orages dont un épisode de grêle très violent localisé sur la Dordogne, avec des risques pour l'état sanitaire des baies. Des poudrages d'argile et de lithothamne (20 Kg de chaque) ont donné de très bons résultats (le climat chaud et sec a également joué à plein). Sur les vignes les plus atteintes des compléments foliaires à base d'algues ont été apportés.

En fin de saison, et probablement à cause de la fin d'été humide, des dégâts de pourriture acide, généralement localisés, ont été observés. Les merlots semblaient plus attaqués que les cabernets (différence de précocité).

Concernant les tordeuses : les observations faites sur les parcelles cette année indiquaient une pression aléatoire des Tordeuses, notamment Eudémis. Les piégeages et la modélisation prévoyaient un fort risque en Gironde et Dordogne. Le vol de G1 a été court et peu intense, le vol de G2 a été un peu plus important et surtout plus étalé. Le vol de G3 était également étalé et avec un nombre d'attaques plus élevé. Plusieurs agriculteurs ont effectué 1 à 3 interventions spécifiques

à base de *Bacillus Thuringiensis*. Malheureusement étant donné les conditions climatiques sur la G3, beaucoup de traitements ont été lessivés et donc inefficaces.

Synthèse des observations (valeurs exprimées en%) :

Zones	Comptages	Mildiou Feuilles		Rot Brun		Black Rot Feuilles		Black Rot Grappes		Botrytis Grappes	
		Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence
BB	11 Cptg * 1 Parcelle	0.75	6.5	0.32	6.33	0.1	1	0	0	0.02	1.5
E2M	11 Cptg * 2 Parcelles	1.09	6.03	0.11	4.33	0.3	3.14	0	0	0.4	6.29
Libournais	11 Cptg * 3 Parcelles	1.38	10	1.52	8.71	0.16	3.32	0.13	1.63	0.84	6.06
Dordogne	11 Cptg * 1 Parcelle	2.96	12.8	2.11	33.5	0.78	7.785	0.17	2.66	0.04	3
Moyenne		1.55	8.83	1.02	13.22	0.34	3.81	0.08	1.07	0.33	4.21

Zones	Comptages	Cicadelles Vertes		Cicadelles Flavescence		Eudémis Perforation		Eudémis Glomérules	
		Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence
BB	11 Cptg * 1 Parcelles	3.29	2.14	8.14	7.57	3	2.5	2	2
E2M	11 Cptg * 2 Parcelles	9.65	7.88	8.86	7.14	5.5	3.5	1	2
Libournais	11 Cptg * 3 Parcelles	3.93	3.46	3.99	3.89	15.44	12.61	3.17	3.17
Dordogne	11 Cptg * 1 Parcelle	6.57	5.42	2.875	2.75	2	1.5	1.5	1.5
Moyenne		5.86	4.73	5.97	5.34	6.49	5.03	1.92	2.17

Globalement, cette année, les maladies ont été bien maîtrisées, pas de dégâts majeurs et des attaques bien maîtrisées :

L'enquête

L'envoi du document s'est fait par courrier à l'ensemble des viticulteurs bio ou en conversion de Gironde et de Dordogne.

Département	Nbr Envois	Nbr Retours	Taux de représentativité
Dordogne	23	2	8 %
Gironde	132	46	34.84 %
Total	155	48	30.96 %

L'enquête portait sur plus d'une cinquantaine d'informations à la fois sur les produits utilisés, et sur le nombre de traitements.

Zone	Nbr Envois	Nbr Retours	Taux de représentativité
Bourgeais et Blayais	27	12	44.44%
Entre Deux Mers	39	11	28.21%
Libournais	28	9	32.14%
Médoc	6	4	66.67%
Est	21	6	28.57%
Sud	11	4	36.36%
Total	132	46	34.85%

Seules les enquêtes complètes ont été pris en compte, l'enquête étant basée sur le système des cases à cocher (oui/non) une absence de réponse à été considérée comme un non.

Nous avons ainsi reçu des informations concernant **48** producteurs sur 155, soit un taux de représentation de **30.96 %** :

II - Les résultats

II.1 - Le cuivre

Produit de lutte incontournable actuellement. Qu'en est-il de son l'utilisation par rapport aux limites du cahier des charges actuel et quelle marge avons-nous face à d'éventuelles réductions de doses globales ?

Rappel réglementaire

- Jusqu'au 31 Décembre 2005 la limite est de 8 Kg de cuivre métal par ha et par an,
- A partir du 1^{er} Janvier 2006, la limite est de 6 Kg de cuivre métal par ha et par an,

Pour les cultures pérennes comme la vigne, on peut par dérogation au paragraphe précédent, calculer la dose de manière à ce que :

- La quantité totale maximale utilisée entre le 23 mars 2002 et le 31 décembre 2006 ne peut excéder 38 kilogrammes de cuivre par hectare,
- A partir de 2007, il pourra être fait une « moyenne mobile » sur 5 ans des doses de cuivre, dans la limite de 38 kg/ha entre 2002 et 2006, 36 kg/ha entre 2003 et 2007, 34 kg/ha entre 2004 et 2008, etc.

Dose et Nombre de traitements

Le nombre moyen de traitements en 2004 était de 8.71 pour une quantité annuelle moyenne de cuivre métal de 5.03 Kg, cependant on constate que ce nombre peut varier de 4 à 15 et la dose de 2 Kg à 8.5 Kg. La dose moyenne apportée par traitement est donc de 0.577 Kg de cuivre métal (varie entre 0. 328 et 0.607 Kg). 100 % des enquêtés ont déclaré utiliser du Cuivre, 1 personne a déclaré n'utiliser que du « Cuivrol » (produit contenant du sulfate de cuivre mais classé comme engrais foliaire et non comme fongicide).

Si l'on regarde les écarts types² (dispersion des données autour de la moyenne), on constate que l'écart type est relativement faible, cela indique donc que les valeurs ne sont pas trop dispersées autour de la moyenne. On peut également, en appliquant les règles mathématiques de l'écart type, calculer que :

² Un faible écart type signifie que les valeurs sont peu dispersées autour de la moyenne (série homogène), et inversement (série hétérogène)

- 68 % des Vignerons interrogés se situent entre 3.46 et 6.59 Kg de Cu métal par ha ; pour un nombre de traitement situé entre 6 et 11.42.
- 95 % se situe entre 2.57 et 7.49 Kg.

	Moyenne	Ecart Type
Nombre de Traitement	8.71	2.71
Dose de Cu Métal par ha	5.03	1.57

En ce qui concerne la prochaine évolution de la réglementation 2/3 des enquêtés pourront passer le cap sans problème, mais il reste quand même un tiers dont les pratiques actuelles ne correspondent pas aux futures exigences de la réglementation. Il reste encore beaucoup de travail de communication sur les réductions de doses de cuivre ; d'expérimentations à mener, tant sur les réductions de doses que sur les alternatives au cuivre.

2000	Aquitaine	Moyenne sur 24 Exploitations	10.5 Kg Cu par ha	10 Traitements
2003	Gironde	Moyenne sur 12 Exploitations	4.8 Kg Cu par ha	7.41 Traitements
2004	Gironde et Dordogne	Moyenne sur 48 Exploitations	5.03 Kg Cu par ha	8.71 Traitements

On note que pour une pression nettement plus élevée que en 2003, la dose total et le nombre de traitement varient peu. Actuellement on distingue 2 catégories essentielles dans l'approche de la réduction de doses de cuivre globale :

- Diminuer la dose de chaque traitement et augmenter leur nombre,
- Maintenir des doses élevées et réduire le nombre de traitements,

Quelques personnes persistent à employer la dose maximale avec un nombre de traitements élevés. La limite à la réduction des doses de cuivre est souvent plus liée à un facteur psychologique que technique, en fonction des expériences passées de chaque vigneron.

Les matières actives

Matières Actives	%
Hydroxyde	77.08 %
Sulfate	66.67 %
Oxychlorure	4.17 %
Oxyde Cuivreux	8.33%

On constate que l'Hydroxyde et le Sulfate de cuivre sont très utilisés, devançant nettement l'Oxyde cuivreux et l'Oxychlorure. On ne note pas de corrélation entre le type de matière active employée et la dose de cuivre par ha.

Il est intéressant de noter que 22.92 % des enquêtés ont déclaré utiliser du Carbonate de Cuivre Déployé (CCD, Hydroxyde de cuivre utilisé en poudrage).

Dans les produits à base de cuivre non classés fongicides on trouve essentiellement 2 produits commerciaux :

- Cuivrol (Sulfate de Cuivre + Oligo-éléments) à 29.17 %,
- L'Osmobio à 6.25 %.

Les utilisations

Nous voulions savoir si les différentes matières actives à base de cuivre étaient utilisées en pures, en mélange ou alternativement pures et en mélange. Attention il s'agit des différentes matières actives à base de cuivre, un traitement « pure » a donc pu être combiné avec un élément autre que du cuivre (ex : Soufre).

Utilisation	%
Pure	41.67 %
Mélange	16.67 %
Pure et Mélange	37.50 %

Très peu de vignerons mélangent systématiquement différentes formes de cuivre, la plupart des vignerons traitent systématiquement avec une seule matière active.

Une part importante des enquêtés (37.5 %) utilise alternativement des traitements en pure et en mélange, ces pratiques peuvent avoir plusieurs origines :

- Techniques (combiner les différentes formes de cuivre pour jouer sur les différents stades « re-largage » du cuivre.
- Economiques : un problème d'approvisionnement ou un stock à écouler,

Aucun vigneron ne déclare utiliser un mouillant (généralement des huiles végétales à base de terpènes de pin), cependant dans la réalité quelques uns utilisent ce type de produit et d'autres utilisent des produits en contenant dans la formulation. Les mouillants sont donc utilisés en viticulture biologique, mais leur niveau d'utilisation reste très faible.

Le soufre

Dose et Nombre de traitement :

Le nombre moyen de traitements en 2004 a été de 7.08 pour une dose de soufre de 37.48 Kg. La dose moyenne apportée par traitement est donc de 5.29 Kg de soufre. Les doses de soufre sont exprimées en soufre pur et non en Kg de produit commercial.

Si l'on regarde les écarts types, on constate que l'écart type est relativement faible pour les traitements, cela indique donc que les valeurs ne sont pas trop dispersées autour de la moyenne et un écart type très élevé concernant les doses de Soufre (ce qui signifie que les données sont très dispersées). On peut également calculer que 68 % des vignerons interrogés se situent entre 3.89 et 65.04 Kg de soufre par ha et réalisent entre 3.89 et 11.42 traitements. Les variations importantes concernant les doses de soufre employées peuvent s'expliquer par la pression d'oïdium et d'excoriose, très variables suivant les zones. Comme le cuivre, le soufre, est très utilisé, 100 % des enquêtés ont déclaré utiliser du soufre.

	Moyenne	Ecart Type
Nombre de Traitement	7.08	3.19
Dose de Soufre Métal par ha	37.48	27.56

2003	Gironde	Moyenne sur 8 Exploitations	40 Kg Soufre par ha	5.6 Traitements
2004	Gironde et Dordogne	Moyenne sur 48 Exploitations	37.48 Kg Soufre par ha	7.08 Traitements

Les Utilisations

Nous voulions savoir quel type de formulation à base de soufre était utilisé par les vigneron. Le terme « Mouillable », regroupe les produits secs à diluer et les produits sous forme liquide.

Utilisation	%
Mouillable	31.25 %
Poudrage	6.25 %
Mouillable et Poudrage	62.50 %

Très peu de vigneron utilisent exclusivement le poudrage pour les traitements au soufre, un tiers déclare utiliser seulement du soufre mouillable et la majorité utilise le soufre sous ces deux formulations. Le soufre est fréquemment associé à d'autres matières actives.

Les poudrages

Cette technique peut être très intéressante, pas seulement avec du soufre et pas seulement contre l'oïdium ; Nous nous sommes donc intéressé aux différents produits et à leurs utilisations. Les doses employées lors d'un poudrage varient de 15 à 40 Kg par produit (données de terrain, non extraites de l'enquête), en fonction de si il est utilisé seul ou en mélange et de la qualité de la poudreuse (souvent du matériel vétuste ou pour le moins largement amorti).

72.9 % des vigneron déclarent faire des poudrages, le nombre moyen de poudrages est de 2.38,

Les Produits

Matières Actives	%
Soufre	68.75 %
Argile	35.42 %
CCD	22.92 %
Lithothamne	50 %

Il est intéressant de noter que le lithothamne est nettement plus utilisé que l'argile. Le Carbonate de Cuivre Déployé est aussi très utilisé (+ de 20 %) alors que ce produit est généralement peu connu et peu mis en avant. Le soufre reste le produit le plus utilisé en poudrage.

Les Utilisations

Utilisation	%
Pure	31.25 %
Mélange	27.08 %
Pure et Mélange	18.75 %

La qualité de la poudreuse conditionne nettement l'utilisation en mélange ou non, les objectifs techniques du producteur ainsi que les coûts jouent également un rôle prépondérant.

Les insectes

Les tordeuses

Nous avons enquêté sur Eudémis et Cochylis, en demandant aux agriculteurs lesquelles étaient les plus présentes sur leur vignoble.

Tordeuses	%
Eudémis	22.92 %
Cochylis	6.25 %
Eudémis et Cochylis	27.08 %

L'Eudémis est largement dominante par rapport à la Cochylis, cette année Eudémis a causé d'importants dégâts sur certaines parcelles.

20.83 % des enquêtés déclarent avoir traité avec un produit à base de *Bacillus Thuringiensis*, les produits sont employés à la dose homologuée, on n'observe pas de réduction de doses. Le nombre moyen de traitement est de 2.2.

Par ailleurs 4.17 % utilisent la Confusion Sexuelle comme moyen de Lutte, avec une satisfaction totale. Cette technique de lutte intéresse de plus en plus de vignerons, car les traitements sont coûteux, surtout lorsque la météo ne permet pas de les positionner à un moment opportun et/ou qu'ils sont lessivés avant d'avoir pu être efficaces.

Concernant le Piégeage

Piégeage	%
Eudémis	6.25 %
Cochylis	0 %
Eudémis et Cochylis	22.92 %

On peut observer que si 22.92 % des enquêtés déclarent que l'Eudémis est l'insecte le plus présent, seulement 6.25 % réalisent un piégeage spécifique à ce papillon. Le piégeage de la Cochylis est à l'image des déclarations de présence : aucun piégeage spécifique. Par contre la majorité des gens piègent Eudémis et Cochylis, même si un seul de ces insectes est présent. Les captures sont relevées en moyenne tous les 3.21 Jours avec un écart qui peut varier entre 1 et 8 jours. Le piégeage peu être un outils intéressant à condition de s'astreindre à effectuer les relevés quotidiennement.

Les Préparations à base de Plantes

Il est à noter que derrière le terme préparation de plantes, on regroupe différents type de préparations (tisane, purin, décoction, macération).

Les utilisateurs de préparations à base de plantes représentent 18.75 % des enquêtés, avec moins d'un cinquième des réponses ces techniques bien qu'intéressantes restent actuellement peu utilisées par les vignerons bio. Le nombre de traitement moyen est de 2.44, avec une variation entre 1 et 5 traitements.

Le type de préparations

Préparations	%
Purins	12.50 %
Décoction	4.17 %
Macération	0 %
Tisane	4.17 %

Le purin est la préparation la plus connue est la plus utilisée, l'usage des autres est plus anecdotique. Les purins sont également le seul type de préparations à base de plantes qu'un agriculteur peut acheter toute faite à l'extérieur, comme il en a l'habitude avec ces autres produits. Les purins (notamment pour l'Ortie), ne sont pas toujours utilisés à bon escient.

Les plantes

Les deux plantes utilisées sont l'ortie et la prêle, 1 enquêté a déclaré avoir utilisé de la fougère. Les pourcentages ci-dessous sont exprimés par rapport aux utilisateurs de préparations (9) et non par rapport au total des réponses (48).

	Purins	Décoction	Tisane
Ortie	55.55 %	0 %	22.22 %
Prêle	11.11 %	33.33 %	0 %
Fougère	0 %	0 %	11.11 %

Les utilisations

Nous voulions savoir si les différentes préparations à base de plantes étaient utilisées pure, en mélange avec d'autres matières actives ou alternativement pure et en mélange avec d'autres matières actives. 2 personnes n'ont pas répondu à cette question.

Utilisation	%
Pure	4.17 %
Mélange	10.42 %
Pure et Mélange	0 %
Pas de réponse	4.17 %

Contrairement au cuivre, par exemple, on observe très bien 2 catégories :

- Utilisation pure : choix technique de l'agriculteur, qui préfère ne pas mélanger ces préparations élaborées à partir du vivant avec une solution issue du minéral.
- Utilisation en mélange : le choix est moins technique qu'économique, avec également le souci de la gestion du temps (temps de passage supplémentaire).

La biodynamie

Les utilisateurs de la biodynamie ne représentent que 4.17 % des enquêtés, ce qui est faible. Le nombre moyen de traitements est important : 7, avec une faible variation comprise entre 6 et 7. Plusieurs vignobles communiquant sur leurs pratiques biodynamiques n'ont pas répondu à l'enquête, cela leur est dommageable car les informations concernant les pratiques de ces vigneron restent fragmentaires.

Préparations	%
500	4.17 %
501	4.17 %
Prêle	2.08 %
Silice	4.17 %
Autres : Maria THUN	2.08 %

On peut noter que les préparations « Basiques » ou du moins les plus connues sont les plus utilisées.

Produits divers

Nous avons regroupé ici les différents produits qui sont utilisés à de très faible échelle (pas plus de 3 utilisateurs) :

Préparations	%
Ulmasud	4.17 %
Bouillie Nantaise	2.08 %
Isothérapie	2.08 %
Trichoderma	4.17 %
Gluconate	2.08 %
Sel (Chlorure de Sodium)	2.08 %
Talc	2.08 %
Sulfate de Magnésie	2.08 %
Engrais Foliaires	6.25 %

A l'exception de la Bouillie Nantaise qui est bien connue, les autres produits sont plus ou moins connus mais en tout état cause, peu utilisés. Tout vigneron doit toujours être vigilant lorsque l'on vient lui proposer de nouveaux produits : l'efficacité est bien sûr un point important, mais vu l'importance de l'offre il est important de vérifier la conformité de ces produits avec la réglementation Bio.

Quelles informations extérieures

Partant de l'hypothèse de base que l'observation aux champs est la base du métier de vigneron, nous avons cherché à savoir quel type d'informations extérieures pouvait être pris en compte par le vigneron lors d'une prise de décision en cours de campagne.

Source du conseil	%
Internet	0 %
Conseiller Chambre	18.75 %
Conseiller Privé	25 %
Avertissement Syndicat Appellation	25 %
Conseiller Coopérative	14.58 %
Avertissement CIVB	6.25 %
Avertissement SRPV	25 %
Bulletin Info Technique CIVAM (première campagne)	58.33 %

On constate que les Avertissements des Syndicats et du SRPV ainsi que les conseillers privés sont très consultés, avec chacun 25 % ; les conseillers Chambre et Coopérative sont moins sollicités (entre 19 et 14 %) ; Le Bulletin du CIVB ainsi que Internet sont très peu utilisés par les vigneron.

Suite à une demande des adhérents du CIVAM et aux différentes constatations faites sur le terrain, concernant un besoin d'information spécifique au mode de culture de l'agriculture biologique, le CIVAM Bio 33 a mis en place un bulletin d'informations techniques tout au long de campagne (17 n°, entre Mai et Septembre), envoyé gratuitement à chaque adhérent. Comme ce bulletin a été consulté par 58.33 % des enquêtés, avec un taux de satisfaction de 56.25 %, nous allons continuer sur cette voie...

Conclusions

Cette enquête montre des choses intéressantes, sur les pratiques des vigneron de la Gironde et de la Dordogne (même si les retours ont été faibles sur ce dernier département) :

- Les vigneron ont nettement progressé sur les réductions de doses de Cuivre, moins 5.47 Kg (- 52 %) entre la dernière enquête de l'ITAB (2000) et l'année 2004.
- 68 % des vigneron enquêtés ont des pratiques vis-à-vis du cuivre leur permettant d'aborder les nouvelles contraintes réglementaires sans crainte majeure.
- Les tordeuses (notamment Eudémis), ont pu causer des problèmes et des dégâts sur certaines parcelles, La météo (lessivage) et la portance des sols ont souvent été des facteurs limitants pour le bon positionnement des produits. Les vigneron font souvent moins d'observations de terrain concernant ces insectes et comptent sur le piégeage (dont les relevés de capture sont souvent trop espacés : 3.21 jours en moyenne),
- La cicadelle de la Flavescence Dorée reste un sujet de préoccupation important : les vigneron sont dans l'attente de moyens et de règles de fonctionnement plus en adéquation avec leur mode de production, mais également avec un souci d'efficacité dans la lutte contre cette maladie,
- 72.9 % des vigneron déclarent utiliser des poudrages et le soufre reste le produit le plus utilisé en poudrage, devant le lithothamne et l'argile,

Produits Utilisés	%
Cuivre	100 %
Soufre	100 %
<i>Bacillus Thuringiensis</i>	20.83 %
Roténone	12.50 %
Confusion Sexuelle	4.17 %

Produits non cupriques utilisés	%
Pas d'usage de produits non cupriques	24 %
Préparations à base de plantes	18.75 %
Ulmasud	4.17 %
Kanne	2.08 %
Algues, extraits d'Algues	4.17 %
Poudres minérales autres que soufre	60.41 %
Sel (Chlorure de Sodium)	2.08 %
Sulfate de Magnésium	4.17 %
Trichoderma	4.17 %
Isothérapie	2.08 %

Si la tendance est encourageante il ne faut pas oublier, ni occulter le 1/3 de Vignerons qui a actuellement apporte des quantités de cuivre encore trop élevées pour s'adapter rapidement aux prochaines contraintes réglementaires. Ceci nous renvoie à la nécessité pour nous de continuer la communication sur les réductions de doses de cuivre et les alternatives au cuivre.

Cette enquête sera envoyée chaque année à l'ensemble des vigneron de Gironde et de Dordogne, nous ne manquerons pas de vous tenir au courant de ses évolutions....

ANALYSE DES STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LE MILDIOU DES VITICULTEURS BIOLOGIQUES DE LA REGION LANGUEDOC-ROUSSILLON

N. CONSTANT

Association Interprofessionnelle des Vins Biologiques du Languedoc-Roussillon
Maison des agriculteurs A - Mas de Saporta – CS 50 023 - 34 875 LATTES CEDEX

Le travail initié par l'AIVB en 2003 fait suite à plusieurs constats :

- Nécessité pour les viticulteurs biologiques de **limiter les apports de cuivre** à l'hectare (8 kg/ha/an jusque fin 2005 puis 6 kg/ha/an), avec possibilité de faire la moyenne des apports sur 5 ans.
- **Hétérogénéité des doses de cuivre utilisées par les viticulteurs biologiques.** Une enquête menée en 2000 par l'ITAB montrait que la dose de cuivre utilisée lors de ce millésime était de 10,2 kg/ha en moyenne sur le Languedoc-Roussillon, dose largement supérieure à celle autorisée par la réglementation, avec une variation de 2 à 14,5 kg/ha. La question que l'on peut se poser face à ce constat est de savoir si l'extrême hétérogénéité des doses de cuivre que l'on rencontre ne s'explique que par une hétérogénéité de pression de mildiou, ou si les stratégies de lutte sont également différentes.

Cette hétérogénéité des pratiques a également été observée lors de l'enquête de l'AIVB réalisée au cours de l'été 2002 (données sur le millésime 2002), avec des doses de cuivre allant de 1,4 à 10,7 kg/ha (moyenne de 6 kg/ha) et un nombre de traitements contre le mildiou oscillant entre 2 et 13 interventions.

- L'ensemble de la **recherche appliquée** à la réduction des doses de cuivre, structurée au sein de groupe de travail cuivre de l'ITAB, vise à valider l'efficacité de modalités de réduction des doses de cuivre (selon les recommandations de la lutte raisonnée) à **l'échelle de la parcelle**.

Suite à l'ensemble de ces constats, il nous est paru intéressant de réaliser une étude permettant de **comprendre l'extrême variabilité des doses de cuivre** que l'on rencontre chez les viticulteurs biologiques à l'échelle de la région et **d'estimer l'écart entre leurs pratiques et les recommandations de la lutte raisonnée**. La démarche que nous avons suivie consistait à analyser leurs stratégies de raisonnement des traitements contre le mildiou sur l'ensemble de leur domaine viticole et à regrouper au sein d'une typologie les domaines ayant des raisonnements de lutte contre le mildiou comparables. L'objectif final étant de pouvoir mieux cerner les facteurs qui influencent les doses de cuivre et d'améliorer le conseil aux viticulteurs pour leur permettre de réduire les doses de cuivre.

Pour réaliser cette étude nous nous sommes appuyés sur deux postulats :

- l'élément que nous cherchons à expliquer est la dose de cuivre utilisée par le viticulteur sur une parcelle donnée : nous essayons de comprendre comment le viticulteur gère les apports de cuivre. Afin d'analyser le plus finement possible la dose de cuivre apportée annuellement, nous l'avons décomposée en deux membres :

la **dose annuelle de cuivre** sur une parcelle donnée = le **nombre de traitements** effectués sur cette parcelle au cours d'une saison X **dose moyenne de cuivre** apportée par traitement

L'objectif est donc d'analyser chacun des membres de l'équation (nombre de traitements et quantité de cuivre par traitement)

- le deuxième postulat consiste à dire que le meilleur compromis entre efficacité de la protection contre le mildiou et dose de cuivre minimale à utiliser est d'appliquer les règles de la lutte raisonnée. Selon B. Molot (ITV Nîmes), qui a adapté les **règles de la lutte raisonnée** aux spécificités de la viticulture biologique, les règles à suivre sont les

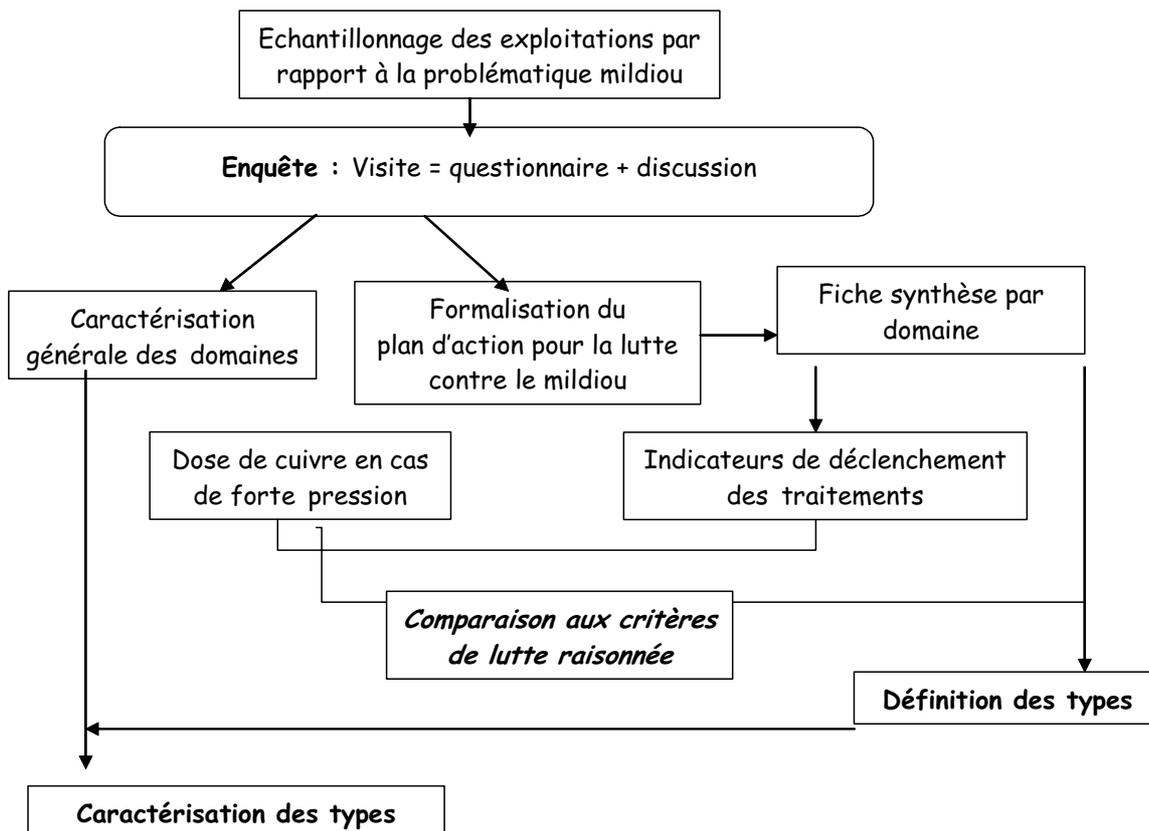
- Nombre annuel de traitements :
 - o Déclencher le 1^{er} traitement après l'apparition des premiers symptômes de mildiou
 - o Prévoir le renouvellement après un cumul de pluie de 20 mm ou après une pluie unique de plus de 15 mm ou si la végétation a poussé de plus de 20 cm depuis le dernier traitement cuprique
- Quantité de cuivre métal :
 - o Apporter moins de 800 g de cuivre quel que soit le traitement (même sur le traitement le plus dosé en cuivre).

suivantes :

I. Présentation de la démarche

La démarche globale est présentée dans le schéma n°1.

Schéma n° 1 : Démarche globale mise en œuvre pour la réalisation de l'étude



Les principales étapes de la démarche sont :

- 1- Echantillonnage des exploitations enquêtées** : l'objectif était de couvrir le maximum de diversité par rapport aux critères suivants : antériorité des pratiques en agriculture biologique, conditions agroclimatiques, types et tailles des domaines
- 2- visite chez les viticulteurs** = remplir les différentes rubriques du questionnaire (cf annexe I). Les questions posées lors de l'entretien visaient à définir précisément les critères pris en

compte par le viticulteur pour déclencher ses traitements contre le mildiou (observations de taches, relevé des données météo...), l'échelle à laquelle le viticulteur raisonne les traitements (différence à la parcelle ou non..), les critères de choix des produits utilisés, cerner les principales maladies ou ravageurs présents sur le domaine. Il était également demandé de donner des exemples de calendriers de traitement réellement effectués sur des parcelles représentatives du domaine, sur différents millésimes (dont 2003). Les informations de ce questionnaire, ainsi que celles des enquêtes réalisées en 2002 par l'AIVB LR auprès de ses adhérents, ont permis de cerner les **caractéristiques générales** des domaines enquêtés (surface, pression maladies, type de parcellaire...)

2- définition du plan d'action : cette étape a consisté à faire expliciter au viticulteur les éléments qu'il prend en compte pour raisonner la lutte contre le mildiou ainsi que les règles de décision qu'il se fixe *a priori* pour intervenir : l'ensemble de ces règles de décision formant son **plan d'action** vis à vis du mildiou. Comme précisé précédemment, la lutte contre le mildiou s'intègre dans la gestion globale du domaine pendant une période donnée (avril – septembre, approximativement = période végétative). Au cours de cette longue période, les objectifs prioritaires du viticulteur évoluent. Il convient donc de diviser cette période en autant que nécessaire pour que sur chacune de ces **phases**, les objectifs prioritaires restent inchangés. Le plan d'action global contre le mildiou est une intégration sur la période végétative de chacun des plans d'action défini sur chaque phase.

Pour chaque poste de travail (lutte contre les ravageurs, maîtrise des adventices, gestion de la mise en bouteille, de la commercialisation...) un plan d'action spécifique est défini. Ceux-ci ne sont pas étudiés dans le détail. Seules les interactions entre ces plans d'action et celui de lutte contre le mildiou sont pris en compte.

Définition du plan d'action mildiou pour une phase déterminée (cf schéma n°2)

Le schéma n°2 est un modèle conceptuel visant à décrire le raisonnement de prise de décision des viticulteurs en matière de traitements contre le mildiou. Il n'a pas pour vocation à être opérationnel et appliqué en l'état directement sur chaque exploitation.

Pour définir les règles de décision a priori, le viticulteur s'appuie sur un certain nombre d'éléments. Le premier d'entre eux est la **connaissance** (cf paragraphe ci-dessous) qu'il a de la vigne, du mildiou et des moyens de lutte qui existent en viticulture biologique. L'ensemble de ces connaissances lui permet de définir un premier niveau de plan d'action. Celui-ci sera nettement modifié en fonction des **objectifs** qu'il se fixe sur la période considérée (objectifs de lutte contre le mildiou mais pas uniquement), des **contraintes** qu'il rencontre au niveau de son domaine (contraintes de 4 ordres : techniques, économiques, organisationnelles et empiriques) et enfin des **moyens** dont il dispose pour faire face à ces contraintes et pour atteindre ces objectifs.

L'incidence des plans d'action des autres postes de travail seront pris en compte dans la définition des objectifs, des contraintes (notamment en terme d'organisation du travail) et des moyens disponibles pour effectuer le travail.

Connaissances :

Les connaissances que le viticulteur peut avoir sur la vigne, le mildiou et les moyens de lutte autorisés en bio viennent pour partie de sa formation mais très majoritairement de son expérience et des échanges qu'il a pu avoir avec d'autres viticulteurs ou des techniciens. De fait, cette rubrique est très difficilement appréciable dans sa globalité et évolue régulièrement (principalement en ce qui concerne les produits de traitement).

Objectifs :

Il faut distinguer ici les objectifs annuels, finaux au moment de la vendange, de ceux considérés au cours de chacune des phases qui composent la période étudiée. Les objectifs finaux au vignoble sont des objectifs de rendement et de qualité de récolte, subordonnés à la structure du domaine et à sa stratégie (notamment en ce qui concerne la gamme de produits recherchés). Il s'agit donc d'un objectif global dans lequel le mildiou n'est qu'un élément. Les objectifs de chacune des phases intermédiaires concernent différents postes de travail techniques (dont la lutte contre le mildiou). La somme de chacun de ces objectifs aboutissant à l'objectif final de rendement et de qualité de récolte.

Contraintes : (cf tableau n°1)

Les contraintes rencontrées par les viticulteurs peuvent être regroupées en 4 catégories : techniques, économiques, organisationnelles et empiriques. D'une phase à l'autre les contraintes évoluent énormément. Leur influence sur l'élaboration du plan d'action est très importante.

Moyens : (cf tableau n°2)

Les moyens peuvent être classés selon les mêmes catégories que les contraintes. Il s'agit des éléments dont se pare le viticulteur pour faire face aux contraintes et atteindre ses objectifs.

Le plan d'action s'appuie sur un certain nombre **d'indicateurs** qui permettent au viticulteur d'estimer le niveau de risque mildiou et donc in fine, de prendre la décision de l'opportunité de déclencher ou non un traitement. Les seuils des indicateurs que le viticulteur retient pour savoir s'il doit ou non intervenir sont fixés plus ou moins précisément et plus ou moins arbitrairement. Le viticulteur doit se donner les moyens d'estimer la valeur de ces indicateurs et doit donc se munir **d'éléments d'acquisition** de l'information.

Indicateurs :

Les indicateurs que retient le viticulteur lui permettent d'estimer le risque de développement du mildiou sur ces parcelles. Elles sont au cœur des règles de décision suivies pour le déclenchement des traitements

Indicateurs : présence de taches sur feuille, sur grappe, relevé de la température, de l'hygrométrie, de la pluviométrie, données de modélisation (EPI)...

Éléments d'acquisition des informations sur les indicateurs :

Regroupent les outils utilisés par le viticulteur pour apporter une valeur aux indicateurs : observations au vignoble, abonnement à des avertissements, station météo locale, personnelle, pluviomètre, thermomètre, baromètre, hygromètre...

En intégrant les valeurs des indicateurs à son plan d'action, le viticulteur **prendra la décision** de déclencher ou non le traitement. La décision retenue, quelle qu'elle soit, aura une **influence** sur le développement de la maladie. Le viticulteur devra estimer l'impact de son action sur les indicateurs de suivi du mildiou. Dans cette situation, seuls les indicateurs changent et le plan d'action n'est pas modifié.

Si le temps écoulé entre deux prises de décision est relativement long, l'un des éléments à partir duquel le viticulteur établit son plan d'action a pu être modifié :

- « connaissance » : cet élément est relativement stable dans le temps à l'échelle d'un cycle végétatif, mais évolue souvent d'une campagne à l'autre (notamment en ce qui concerne la connaissance des produits de traitement)

- « objectifs, contraintes et moyens » sont trois éléments qui évoluent régulièrement au cours de la campagne. Leur évolution, selon leur amplitude, peuvent ou non modifier le plan d'action du viticulteur.

L'intégration sur l'ensemble de la période considérée (période végétative de la vigne) des plans d'action sera appelé **plan d'action global**.

L'analyse du plan d'action ne prend en compte que des éléments a priori. Concrètement, il est rare que le programme de traitement défini a priori par le viticulteur soit effectivement celui qu'il applique au cours de la campagne. La **confrontation entre le plan d'action et le programme réel** permet de comprendre des règles non envisagées a priori par le viticulteur, de comprendre comment il réagit face à une situation imprévue et donc d'affiner son plan d'action effectif. Cette confrontation est un champ de simulations d'éléments réels non pris en compte lors de la définition du plan d'action. Une autre phase, phase de **simulations**, peut consister à confronter le plan d'action global à des éléments non rencontrés l'année (ou les années) considérée(s) mais pourtant réalistes.

3- Comparaison aux critères de la lutte raisonnée = A partir du plan d'action précédemment établi, il est possible de faire ressortir les indicateurs pris en compte par le viticulteur pour raisonner le déclenchement de ses traitements. En ajoutant à cette information la dose de cuivre utilisée en cas de forte pression contre le mildiou et en comparant l'ensemble de ces informations aux principes de la lutte raisonnée, nous avons **défini des types de viticulteurs** ayant des raisonnements comparables en matière de lutte contre le mildiou.

4- Caractérisation des types : en intégrant les résultats de cette typologie à l'ensemble des renseignements disponibles sur les domaines enquêtés, nous avons cherché à caractériser les types, c'est à dire à faire ressortir les caractéristiques communes aux différents domaines d'un même type

II. Présentation des résultats

A) Données générales

Ce travail s'est appuyé sur une série de visites réalisées chez une vingtaine de viticulteurs biologiques de la région. Le choix des domaines enquêtés s'est fait chez les adhérents de l'AIVB. Les critères retenus visaient à couvrir la variabilité régionale en ce qui concerne l'expérience en AB (date de conversion), la taille des domaines, la pression locale de la maladie... Les résultats présentés ci-dessous reposent sur l'analyse de 20 enquêtes.

Les données utilisées pour les calculs présentés dans ce document ont été obtenus sur les millésimes 2002 et 2003. Les domaines enquêtés se répartissent de la manière suivante : 5 domaines dans l'Aude, 6 dans le Gard, 5 dans l'Hérault et 4 dans les Pyrénées-Orientales.

Tableau n° 3 : Moyennes des doses de cuivre, nombre de traitements et quantité de cuivre par traitement calculées sur l'ensemble des domaines enquêtés en fonction des millésimes

(enquête AIVB 2003)

Année	Dose de cuivre			Nombre de traitements			Quantité de cuivre / traitement*		
	Moyenne	Mini	Maxi	Moyenne	Mini	Maxi	Moyenne	Mini	Maxi
2002	5,7	1	11,8	7,5	2	13	0,8	0,45	1,2
2003	3,7	1	7,55	4,9	2	9	0,8	0,32	1,5
Total	4,5	1	11,8	5,9	2	13	0,8	0,32	1,5

* *quantité de cuivre par traitement = dose annuelle de cuivre divisée par le nombre de traitements sur la parcelle en question. Il s'agit donc d'une dose moyenne sur une parcelle donnée.*

Il est intéressant de comparer ces chiffres avec ceux obtenus en 1994 par Jacques Rousseau (Civam Bio Languedoc Roussillon) et en 2000 par Monique Jonis (ITAB).

Tableau n° 4 : Evolution des pratiques d'utilisation du cuivre par les viticulteurs biologiques du Languedoc-Roussillon de 1994 à 2003

Année	Pression mildiou	Nombre de traitements cupriques	Quantité moyenne de cuivre métal par traitement	Quantité moyenne de cuivre métal apportée sur l'année
1994	Moyenne à faible	5,6	1,5 kg	8,2 kg
2000	forte	8	1,3 kg	10,2 kg
2002-2003	Moyenne à faible	5,9	0,8 kg	4,5 kg

La comparaison des millésimes 1994 et 2002/2003 est intéressante car la pression mildiou est comparable : en l'espace de 10 ans, les doses de cuivre ont pratiquement été réduites de moitié. Cette réduction des doses est principalement imputable à la dose de cuivre par traitement et non pas au nombre de traitements effectués. Il est donc probable que la baisse des doses de cuivre soit principalement liée à une amélioration des formulations des spécialités commerciales, à une augmentation du risque et non à une adaptation du raisonnement du déclenchement des traitements. En 2000, bien que l'année ait été à forte pression de mildiou, les viticulteurs avaient déjà réduit leur dose de cuivre par traitement par rapport à 1994.

B) Analyse des plans d'action

A partir des enquêtes les mieux renseignées, nous avons pu analyser en profondeur les règles de décision mises en oeuvre par les viticulteurs ainsi que les enchaînements entre ces différentes règles (= plan d'action, cf schéma n°3). La comparaison des différents plans d'action a permis de définir les principaux critères de déclenchement des traitements utilisés par les viticulteurs.

Concernant le déclenchement du premier traitement

- Prise en compte de la pression du secteur (avis d'un technicien, avertissements agricoles, discussion avec les voisins...)
- Prise en compte de la pression sur le domaine (apparition des premières taches)

Concernant le renouvellement

- Prise en compte de la pousse seule
- Prise en compte de la pousse et de l'humidité
- Prise en compte du lessivage
- Cadence régulière

La comparaison de ces critères aux points clés de la viticulture raisonnée a permis de réaliser une typologie des domaines en matière de protection contre le mildiou.

C) Réalisation de la typologie = définition des types

Cuivre total =	Nombre annuel de traitements	X	Dose de cuivre par traitement
Catégories	R : raisonné S : systématique M : minimaliste		f : faible dose F : forte dose

Le « nombre annuel de traitements » est régi par le **raisonnement du positionnement des traitements** contre le mildiou :

R : raisonné : **le viticulteur positionne les traitements en fonction du risque de développement de la maladie. Il se donne les moyens d'estimer le risque de mildiou. Parmi ces viticulteurs, nous avons fait deux sous catégories :**

R1 : utilise pratiquement tous les critères de la lutte raisonnée

R2 : n'utilise que quelques critères de la lutte raisonnée. Il a tendance à être plus prudent par rapport à la lutte raisonnée

S : systématique : les traitements contre le mildiou ne sont pas directement déclenchés par rapport à la pression de la maladie. Quelles que soient les caractéristiques du millésime, le nombre de traitements est relativement constant.

S : minimaliste : par conception « idéologique » de l'agriculture biologique ou par difficultés financières, utilise le minimum de produit en réduisant le nombre de traitements ainsi que de la dose apportée par traitement.

Remarque : la classification selon ce critère « raisonnement du positionnement du traitement » sera évoquée par la suite sous le nom de « type N » (cf tableaux de résultats des ANOVA)

« Dose de cuivre par traitement » :

f : faible dose : utilise des doses de cuivre ≤ 800 g de cuivre quel que soit le traitement, même en cas de forte pression de mildiou

F : forte dose : n'ose pas diminuer les quantités de cuivre par traitement sur tous les traitements ou sur les traitements pour lesquelles la pression est un peu plus forte. Il utilise plus de 800 g de cuivre sur au moins un des traitements

Remarque :

- 1- la dose de cuivre prise en compte pour définir ce critère est la dose de cuivre utilisée lors du traitement le plus dosé. Elle ne préjuge en rien de la dose moyenne utilisée par le viticulteur sur l'ensemble des traitements.
- 2- la classification selon ce critère « quantité de cuivre utilisée lors du traitement le plus dosé » sera évoquée par la suite sous le nom de « type Q » (cf tableaux de résultat des ANOVA).

En croisant les critères déterminant le nombre de traitements avec ceux concernant la dose de cuivre, on obtient les groupes suivants :

Tableau n° 5 : Définition des groupes servant à la typologie

Groupes	Définition	Nombre de domaines enquêtés
R₁f	Positionne les traitements en fonction du risque mildiou Utilise des doses de cuivre ≤ 800 g sur tous les traitements	4
R₁F	Positionne les traitements en fonction du risque mildiou En cas de pression importante, préfère augmenter les doses de cuivre	3
R₂F	Positionne les traitements en fonction du risque mildiou, mais n'attend pas que tous les critères de pression mildiou soient positifs En cas de pression importante, préfère augmenter les doses de cuivre	6
SF	Ne positionne pas les traitements mildiou en fonction de la pression de la maladie En cas de pression importante, préfère augmenter les doses de cuivre	4
Sf	Ne positionne pas les traitements mildiou en fonction de la pression de la maladie Utilise des doses de cuivre ≤ 800 g sur tous les traitements	2
Mf	L'objectif est d'apporter le moins de cuivre possible en minimisant le nombre de traitements et en réduisant au maximum les apports de cuivre par traitement	1

Remarque : au cours de cette enquête, nous n'avons pas rencontré de domaine faisant partie des groupes R2f et MF, de fait non présentés dans le tableau ci-dessus.

La définition de cette typologie n'est qu'une étape. Il s'agit maintenant de voir si la répartition des domaines selon les types permet d'expliquer la variabilité des doses de cuivre utilisées lors des millésimes 2002 et 2003.

L'analyse statistique utilisée est une analyse de variance. Elle permet de comparer la moyenne de différentes populations. Pour chaque paramètre étudié (dose annuelle de cuivre, nombre de traitements, quantité de cuivre par traitement), nous avons comparé les moyennes des différents groupes. Deux groupes qui sont représentés par la même lettre ne sont pas différents statistiquement. Les résultats de l'analyse statistique sont donnés dans les tableaux n°6 à 9.

Les doses de cuivre moyennes obtenues sur l'ensemble des exploitations enquêtées (tableau n°6), sont caractéristiques des millésimes 2002 et 2003 : la dose de cuivre moyenne obtenue en 2002 (5,7 kg/ha) est supérieure à celle de 2003 (3,7 kg/ha). Ceci traduit bien la différence de pression mildiou observée entre les deux années : une année 2002 avec une pression mildiou supérieure à ce qu'elle a été en 2003. Il est intéressant de noter que la différence de dose annuelle est due uniquement à une différence du nombre de traitements (7,5 au lieu de 4,9 en 2003) et non pas à des doses de cuivre plus importante par traitement (800 g de cuivre en moyenne par traitement en 2002 et en 2003). Cela signifie que **pour s'adapter à la pression de mildiou, le viticulteur joue davantage sur le nombre de traitements que sur les doses de cuivre.**

Tableau n°7 : les groupes sont classés selon les doses annuelles de cuivre pour les deux millésimes 2002 et 2003. Les trois groupes qui ont utilisé le moins de cuivre au cours de ces deux millésimes sont les 3 groupes « f », qui utilisent toujours des doses de cuivre ≤ à 800 g. **La quantité de cuivre utilisée par traitement semble être le principal facteur expliquant la dose annuelle de cuivre.** Le tableau n°9 confirme cela : quel que soit le millésime (2002, 2003 ou les deux ensembles), il existe une différence statistique significative entre les viticulteurs « f » et ceux qui sont classés « F » en ce qui concerne la dose annuelle de cuivre. La différence que l'on retrouve est uniquement due à la quantité de cuivre par traitement (0,52 kg pour le groupe « f »

contre 0,97 kg pour les « F », différence significative) et non au nombre de traitements (5,5 pour les « f » et 6,4 pour les « F », différence non significative).

Le tableau n°7 montre également que l'écart des doses de cuivre utilisées entre les différents groupes est plus important lors des années à pression mildiou relativement forte (2002 : les écarts de dose de cuivre est significatif selon les groupes) que lors des années à faible pression (en 2003, il n'y a pas de différence statistique entre les doses de cuivre des différents groupes).

En ce qui concerne le nombre de traitements, il est intéressant de noter que ce ne sont pas forcément ceux qui font des traitements systématiques « S » qui font le plus de traitements. Par exemple, en 2002, le tableau n°8 montre que ce sont les « R » qui ont fait plus de traitements (8,1) que les systématiques (7,5). En revanche, les « R » s'adaptent plus à la pression de l'année : entre 2002 et 2003, ils ont réduit de 43% leur nombre de traitements (et à peu près d'autant la dose annuelle de cuivre dans la mesure où la quantité de cuivre par traitement reste constante entre les deux millésimes) alors que les « S » n'ont réduit que de 23% leur nombre de traitement (et de 28% leur dose annuelle de cuivre) : **les « raisonnés » adaptent plus leurs apports de cuivre à la pression de mildiou de l'année que les viticulteurs qui font des traitements systématiques.**

Comme nous l'avons vu précédemment, c'est la quantité de cuivre utilisée par traitement qui détermine le plus la dose de cuivre utilisée sur l'année. En comparant les résultats des doses de cuivre dans le tableau n°7 entre les millésimes 2002 et 2003, on s'aperçoit qu'en année à faible pression, le raisonnement du positionnement du traitement reprend un peu de poids. En 2002, les doses de cuivre sont classées principalement par rapport au critère « f » et « F » : les « f » apportant moins de cuivre que les « F ». Par contre, en 2003, les catégories « Sf » et « R1F » apporte des doses de cuivre identiques : **en année à faible pression, l'économie faite sur le nombre de traitements peut compenser des quantités importantes de cuivre par traitement.**

La typologie proposée permet d'expliquer en partie la variabilité des doses annuelles de cuivre.

Une analyse plus précise des résultats de cette typologie fait ressortir des similitudes entre les viticulteurs appartenant à un même groupe.

D) Caractérisation des types

Ces **caractéristiques communes** portent sur les **moyens** que se donnent le viticulteur pour gérer les traitements (observations au vignoble, temps de couverture du domaine...), sur les **objectifs** qu'il se fixe en matière de protection des vignes contre le mildiou (tolérance ou non de taches sur feuilles et (/ou) sur grappes), mise à jour de ses connaissances...), sur les **contraintes** inhérentes à son domaine (pression mildiou, pression d'autres maladies, disponibilité de la main d'œuvre...) et sur les **connaissances** qu'il a du mildiou et des moyennes de lutte.

En revanche, des caractéristiques générales de domaine (superficie, type de vins produits, antériorité en bio...) ne permettent pas à eux seuls d'expliquer l'appartenance d'un domaine à un groupe donné.

Le tableau n°10 reprend les caractéristiques communes des domaines au sein de chaque groupe. Comme précisé dans le tableau, chacune de ces caractéristiques permet d'expliquer soit le mode de raisonnement des traitements (R, M ou S), soit la dose de cuivre par traitement (f ou F). Le tableau présente également la situation actuelle de chaque groupe face à la réglementation sur les doses de cuivre ainsi que des évolutions souhaitables pour cadrer avec cette réglementation (*en italique*).

Tableau n° 10 : Caractérisation des différents types selon les caractéristiques des domaines

Types	Définition	Nombre de domaines
Mf	Pression relativement faible, tolère une perte de récolte par le mildiou supérieure aux autres viticulteurs, la dose de cuivre sur l'année est toujours nettement inférieure à la dose réglementaire. <i>Pas de modification de pratiques à envisager, sauf éventuellement à augmenter le nombre de traitement pour réduire le risque pris et les pertes de récolte</i>	1
R1f	R1 : Bon suivi de la pression et des prévisions météo, se tient informé des nouveautés, réactif (moins de 2 jours pour traiter tout le domaine), <i>ou pression faible</i> f : bonne expérience en bio , se tient informé du potentiel des produits (techniciens, autres viticulteurs bios...) Sur les deux millésimes étudiés, les doses de cuivre sont nettement en dessous des doses réglementaires Compte tenu des contraintes du domaine, les traitements contre le mildiou sont optimisés. Il n'y a pas d'amélioration notable des pratiques à envisager	4
R1F	R1 : Bon suivi de la pression et des prévisions météo, se tient informé des nouveautés, réactif (moins de 2 jours pour traiter tout le domaine) <i>ou pression faible</i> F : doses de cuivre < à 8 kg => pas de réelle motivation pour réduire les doses pour le moment, <i>ou pression mildiou relativement forte</i> et pas propriétaire (régisseur) => n'ose pas réduire les doses En cas de pression mildiou un peu plus forte, les doses de cuivre utilisées risquent d'être limitées par rapport à la future réglementation. De plus, les doses de cuivre utilisées ne sont pas adaptées pour d'éventuelles exportations vers la Suisse. Objectif d'amélioration: réduire les doses de cuivre par traitement	3
R2F	R2 : différentes raisons selon les domaines (parfois cumul de plusieurs raisons) : pression forte, surface importante, régisseur, perte de récolte à cause du mildiou) F : pression mildiou forte <i>ou peu d'expérience</i> en bio <i>ou</i> suivi par un technicien Les doses de cuivre utilisées actuellement sont au delà des 6 kg/ha qui seront tolérés à partir de 2006 Si les contraintes ne sont pas trop importantes, les viticulteurs concernés sont en phase de réduction des doses depuis quelques années et tendent vers l'utilisation de quantité faible de cuivre. La diminution du nombre de traitements est difficile à envisager du fait des raisons qui justifient la prudence des viticulteurs	6
SF	S : pression oïdium est prédominante par rapport à la pression mildiou => le rythme des traitements est calé sur la cadence oïdium F : pression mildiou moyenne <i>ou peu d'expérience</i> en bio En cas de pression mildiou un peu plus forte, les doses de cuivre utilisées sont au delà des 6 kg/ha Le caractère systématique sera difficile à faire évoluer (sauf si l'interdiction des mélanges phytopharmaceutiques devient plus contraignante). Objectif : réduire les doses de cuivre par traitement	4
Sf	S : forte contrainte d'organisation du travail => un des objectifs est de simplifier au maximum le plan de traitement f : bonne expérience en bio <i>ou pression très faible</i> Les doses de cuivre sur l'année sont compatibles avec la réglementation (souvent < à 6 kg) => pas de réelle motivation de réduire les doses une modification du plan de traitement aurait de lourdes conséquences sur l'organisation globale du domaine	2

Conclusions :

- Sur les deux derniers millésimes (**pression mildiou moyenne à faible**), la **majorité des viticulteurs rencontrés a apporté des doses de cuivre inférieures à 6 kg/ha**. Cependant, même dans ce contexte de pression faible, certains étaient très proche voire au delà des 6 kg. Cela signifie qu'en cas de millésime avec une **pression mildiou importante**, de **nombreux viticulteurs seraient amenés à dépasser les 6 kg/ha** de cuivre métal. De plus, peu de viticulteurs parviennent à passer régulièrement en dessous de la dose de cuivre demandée pour l'exportation vers la Suisse qui est de 4 kg/ha. Il est donc important de **poursuivre la réflexion sur les réductions des doses de cuivre**.
- les **règles de la lutte raisonnée ne sont pratiquement pas mises en pratiques par les viticulteurs biologiques rencontrés**. Selon le degré de contraintes rencontrées sur le domaine, l'écart avec les recommandations de la lutte raisonnée est plus ou moins important. Les règles proposées semblent difficilement applicables à l'échelle d'un domaine viticole.
- Le principal facteur expliquant les écarts d'apports annuels de cuivre est la **quantité de cuivre appliquée à chaque traitement**. La réduction du nombre de traitements sur l'année semble plus difficile à mettre en œuvre. Cependant, dans l'optique d'une moyenne des doses de cuivre sur 5 ans, le raisonnement du déclenchement des traitements cupriques est intéressant. En effet, les viticulteurs qui raisonnent le mieux le positionnement des traitements en fonction de la pression de mildiou économisent plus de traitements en année à faible pression que ceux qui suivent une cadence plus régulière. Cette économie de traitements se traduit généralement par une économie de cuivre dans la mesure où les quantités de cuivre par traitement sont relativement stables chez un viticulteur donné.
- Le **raisonnement du positionnement des traitements** (caractère R, S ou M de la typologie) est dépendant de plusieurs critères (tolérance au mildiou, connaissance des produits cupriques, moyens dont se dote le viticulteur pour optimiser les traitements) mais principalement des **contraintes de l'exploitation**. Ces contraintes sont de plusieurs niveaux : charge en personnel ne permettant pas de multiplier les interventions, temps d'intervention conditionnant la réactivité de l'exploitant, pression maladie (mildiou ou autre), conditions du milieu naturel, objectif que se fixe le viticulteur en matière de protection contre le mildiou et pour le pilotage des travaux à effectuer pendant la période de protection du vignoble... L'ensemble de ces contraintes fait que les modalités de réduction des doses de cuivre sont tributaires de la structure du domaine sur lequel on souhaite l'appliquer

Mots clés : viticulture biologique, cuivre, mildiou, règles de décision

Remerciements

Nous tenons à apporter nos remerciements à :

- la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt, l'Onivins et le Conseil Régional Languedoc-Roussillon pour leur soutien financier dans le cadre du XIIème contrat état-région, filière viti-vinicole, volet recherche-expérimentation viti-vinicole (campagne 2003-2004).
- Les viticulteurs qui nous ont accueillis pour le travail d'enquête
- Cédric Luneau, stagiaire de l'ESITPA, pour sa participation à l'intégralité de ce travail
- Isabelle Dounias, enseignante au CNEARC, pour son aide sur l'approche méthodologique de cette étude

Schéma n° 2 : Schématisation du plan d'action global mildiou

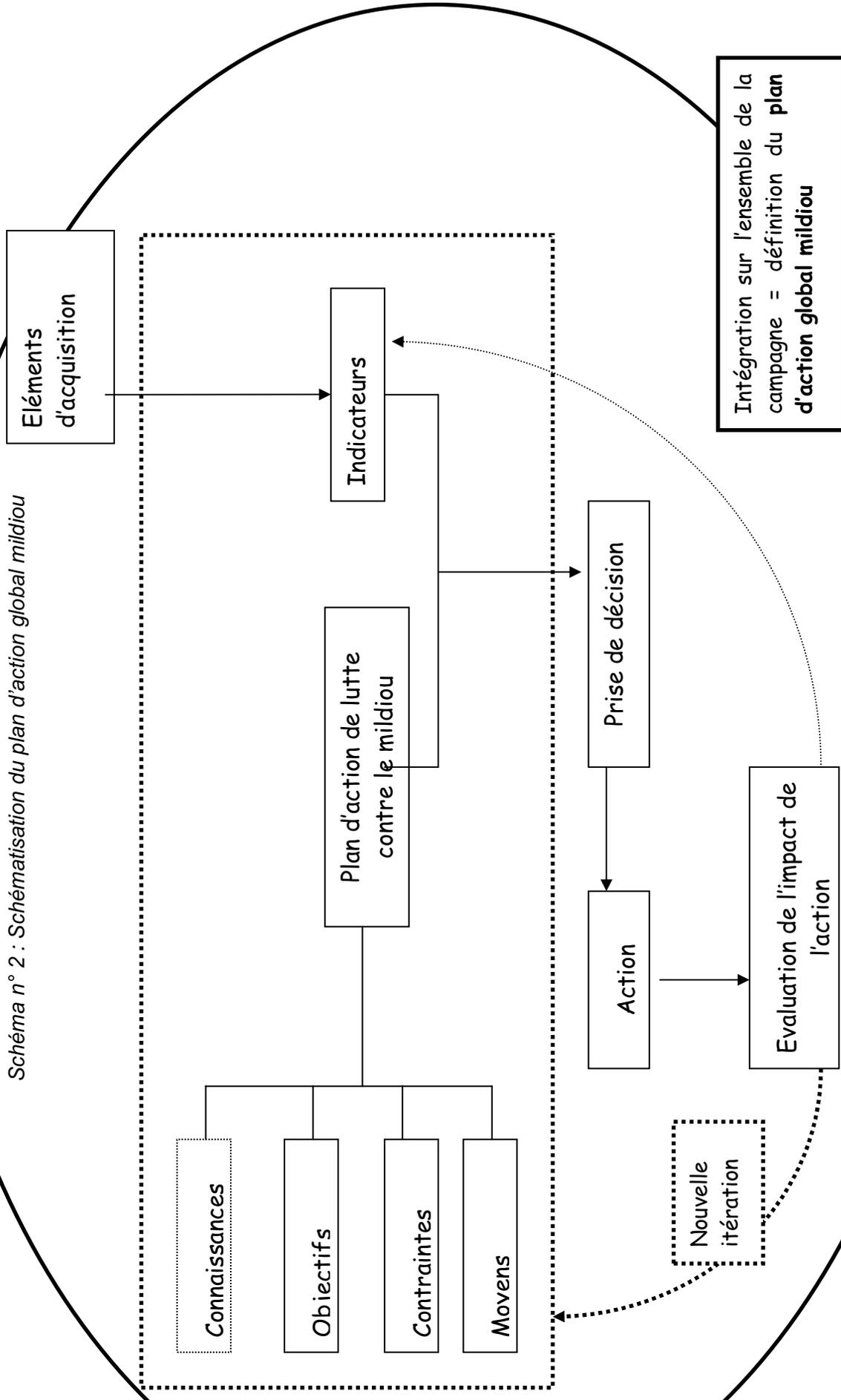


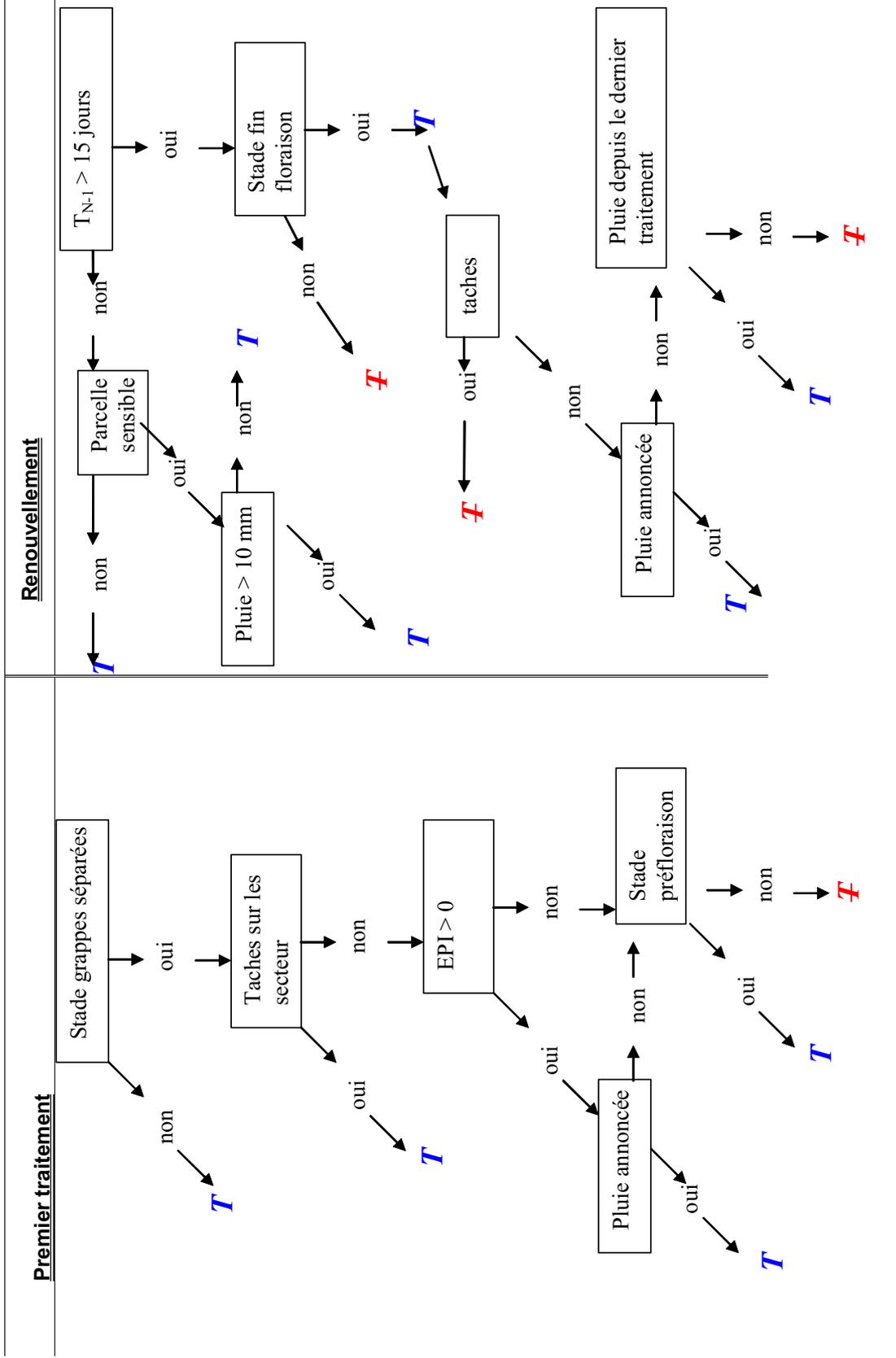
Tableau n° 1 : liste des contraintes rencontrées par les viticulteurs dans la lutte contre le mildiou

Contraintes			
Techniques	organisationnelles	Economiques	empiriques
<ul style="list-style-type: none"> - Pression maladie - Sensibilité du cépage - Sensibilité du stade phénologique - nécessité de réaliser des traitements cupriques pour d'autres raisons : cicatrisation après grêle, pourritures, black rot, cléistothèces d'oïdium... 	<ul style="list-style-type: none"> - impossibilité de rentrer dans les parcelles après une pluie - absence du viticulteur pendant plusieurs jours (foire, salon...) - autre activité pendant la période de protection contre le mildiou (commercial, cave, vigne (W du sol, ébourgeonnage, rognage...)) 	Réduire les coûts des traitements : <ul style="list-style-type: none"> - choix des produits - doses des produits - limiter le nombre de passages 	<ul style="list-style-type: none"> - dates à respecter : biodynamie, calendrier lunaire - protéger la fleur

Tableau n° 2 : liste des moyens mis en œuvre par les viticulteurs dans le cadre de leur lutte contre le mildiou

Moyens		
Techniques	organisationnelles	Economiques
<ul style="list-style-type: none"> - Données météo (pluvio, t° ...) - Avertissement agricoles, données de modélisation... - conseils d'un technicien - observation : présence/absence taches sur le domaine ou sur la parcelle - enherbement, travail du sol - autres pratiques culturales : épamprage, rognage - association avec un autre produit pour améliorer la protection (Héliosol, algues, plantes) pour diminuer les doses 	<ul style="list-style-type: none"> - coupler avec un autre traitement 	

Schéma n° 3 : Exemple de plan d'action de traitements contre le mildiou



Légende :
T : traitement au cuivre **F** : pas de traitement au cuivre

Résultats des ANOVA

Tableau n° 6 : Moyennes et écarts types calculés sur les 20 domaines enquêtés

Dose de cuivre (kg/ha)			Nombre de traitements						Quantité de cuivre par traitement (kg/ha)								
2002		2003		Total**		2002		2003		Total**		2002		2003		Total**	
M*	E**	M	e	m	e	m	e	m	e	m	e	m	e	m	e	m	e
5,7	2,6	3,7	1,6	4,5	2,2	7,5	2,8	4,9	1,7	5,9	2,5	0,8	0,35	0,8	0,34	0,8	0,34

* m = moyenne ** e = écart type

Tableau n° 7 : Comparaison des moyennes calculées groupe par groupe

Groupe	Dose annuelle de cuivre (kg/ha)			Nombre de traitements						Quantité de cuivre par traitement (kg/ha)								
	2002		2003		Total**		2002		2003		Total**		2002		2003		Total**	
Mf	1	a	1	a	2	a	2	a	2	a	2	a	0,5	a	0,5	a	0,5	a
R1f	3,8	ab	2,8	a	3,1	ab	7,3	bcd	5,4	b	6	b	0,51	a	0,52	a	0,52	a
Sf	4,9	abc	3,9	a	4,4	abc	9,3	cd	7,7	c	8,5	c	0,53	a	0,52	a	0,53	a
R1F	5,7	abc	3,9	a	4,7	bc	6	abc	4,3	ab	5	ab	0,95	ab	0,91	a	0,93	ab
SF	7,1	bc	4,4	a	5,2	c	5,7	ab	5	ab	5,2	b	1,28	b	0,88	a	1	b
R2F	8	c	4,2	a	5,4	c	10,2	d	4,1	ab	6,2	ab	0,8	a	1,05	a	0,97	b

Les données en gras sont commentées dans le texte (page 9)

** Total = 2002 + 2003

Résultats des ANOVA

Tableau n° 8 : Comparaison des moyennes calculées selon l'appartenance au type N (cf explication page 8)

Type N	Dose annuelle de cuivre (kg/ha)			Nombre de traitements			Quantité de cuivre par traitement (kg/ha)						
	2002		Total**	2002		Total**	2002		Total**				
	1	a	1	2	a	2	a	0,5	a				
M	6,1	a	4,4	8,1	b	4,6	ab	0,76	a	0,83	a	0,8	a
S	6	a	4,3	7,5	ab	5,8	b	0,91	a	0,77	a	0,82	a

Tableau n° 9 : Comparaison des moyennes calculées selon l'appartenance au type Q (cf explication page 8)

Type Q	Dose annuelle de cuivre (kg/ha)			Nombre de traitements			Quantité de cuivre par traitement (kg/ha)							
	2002		Total**	2002		Total**	2002		Total**					
	3,9	a	2,9	a	3,3	a	7,4	a	5,7	a	0,52	a	0,52	a
1.1 F	7,1	b	4,2	b	5,2	b	7,6	a	4,4	a	1	b	0,96	b

Les données en gras sont commentées dans le texte (page 9)

** Total = 2002 + 2003

COMMENT RAISONNER LES APPORTS DE CUIVRE ?

N. CONSTANT

Association Interprofessionnelle des Vins Biologiques du Languedoc-Roussillon
Maison des agriculteurs A - Mas de Saporta – CS 50 023 - 34 875 LATTES CEDEX

Dans le cadre des essais sur les réductions des doses de cuivre en viticulture biologique, de nombreuses pistes ont été explorées : produits faiblement dosés en cuivre, produits alternatifs... En conditions expérimentales, ces techniques se sont toujours montrées insuffisamment efficaces dès que la pression de mildiou était conséquente. L'utilisation du cuivre est donc toujours une nécessité en viticulture biologique (dans la grande majorité des situations). La question qui se pose donc actuellement est de savoir comment optimiser les apports de cuivre pour assurer une bonne efficacité des traitements tout en respectant les réglementations actuelles ou à venir. C'est dans ce contexte que s'insèrent les travaux de l'AIVB pour l'année 2004, dont les principaux résultats sont présentés ci-dessous. L'objectif était de tester des Règles De Décision (RDD) de déclenchement des traitements cupriques en condition de faible et forte pression parasitaire en Languedoc-Roussillon.

Matériel et méthodes

A) Définition des Règles De Décision (RDD) testées

La réflexion sur la gestion des traitements cupriques est fortement liée aux caractéristiques de cette matière active :

- produit de contact : le cuivre ne pénètre pas dans les feuilles et n'est pas véhiculé dans l'ensemble de la plante. En conséquence, il n'est pas mis à l'abri du lessivage et il ne protège que les organes présents au moment du traitement. Il est important de renouveler le traitement après lessivage du produit ou lorsque de nouveaux organes se sont développés depuis le dernier traitement au cuivre.
- Préventif : le cuivre agit sur l'inhibition de la germination des spores de mildiou. Il intervient au tout début du cycle de développement de ce champignon. Il devra donc être présent sur la feuille avant la germination des spores. Or elles sont projetées sur le feuillage par les pluies. Le cuivre devra être apporté sur la feuille avant un épisode pluvieux contaminateur annoncé.

A ces critères directement liés au mode d'action du cuivre s'ajoutent les contraintes de la nécessité de réduire les apports. Dans ce contexte, il peut être intéressant de retarder au maximum le premier traitement (pour économiser du cuivre en début de campagne) et d'apporter des doses réduites de cuivre à chaque traitement (dose réduite par rapport aux doses d'homologation des spécialités commerciales proposées sur le marché). Les doses retenues sont 600 ou 800 g de cuivre métal par traitement selon la pression de mildiou.

A partir de ces différents éléments, les RDD proposées pour le raisonnement des traitements cupriques sont présentées dans les figures 1 et 2.

Figure n° 1 : Règles de décisions pour le premier traitement

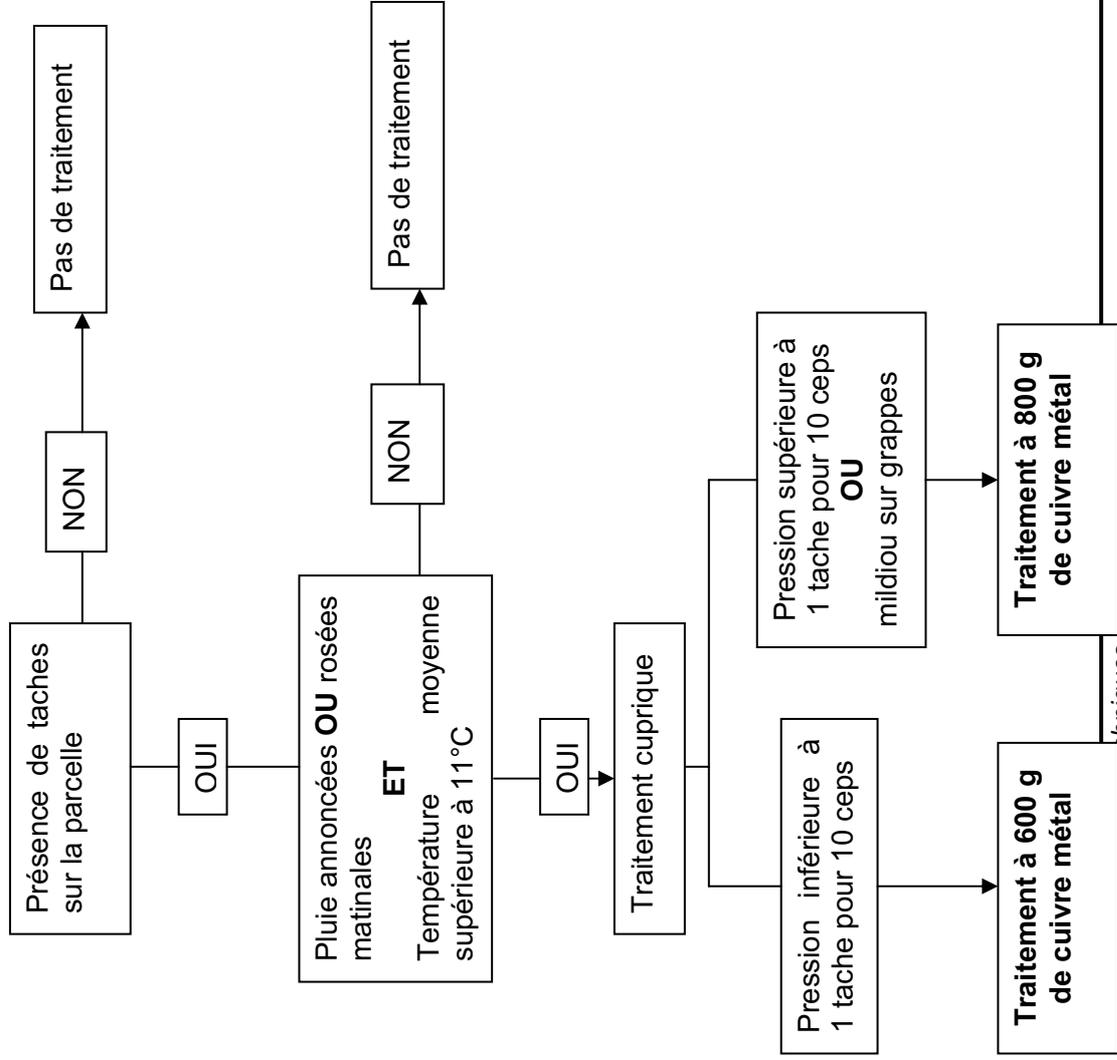
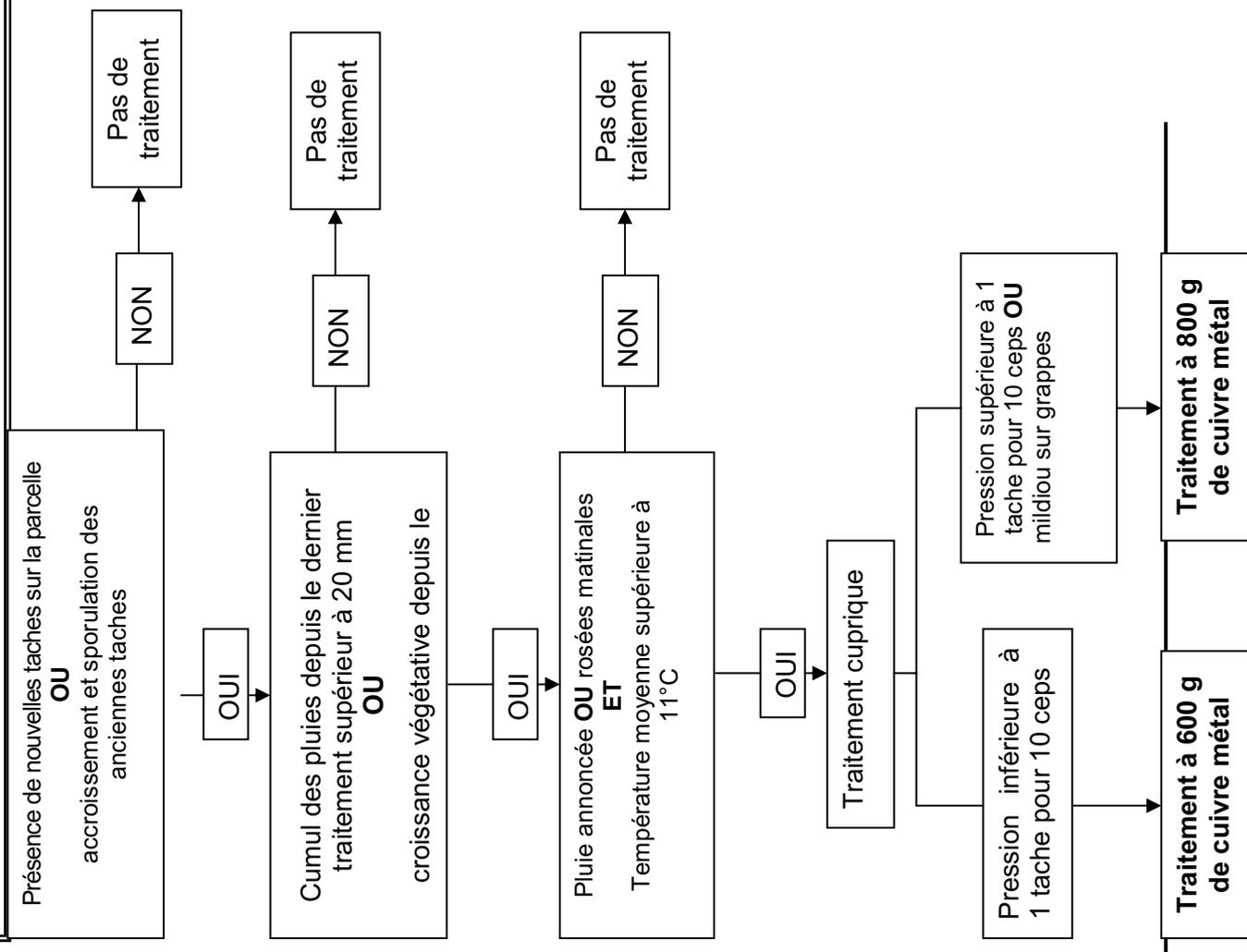


Figure n° 2 : Règles de décisions pour les traitements de renouvellement



B) Conditions expérimentales

Ces RDD ont été testées en 2004 dans un réseau d'essais AIVB, avec pour objectif d'approcher au mieux des conditions réelles rencontrées par les viticulteurs : essais sur grandes parcelles, la modalité de référence est celle pratiquée par le viticulteur, les traitements sont réalisés par le viticulteur avec son propre matériel de pulvérisation. Le déclenchement des traitements sur la modalité de réduction des doses de cuivre (appelée par la suite modalité AIVB) est effectué suite aux observations et recommandations du technicien AIVB. Sur le reste de la parcelle, en dehors de quelques souches conservées comme témoin non traité (TNT), les traitements sont entièrement pilotés par le viticulteur (date d'intervention, produits et doses utilisés...).

Les produits utilisés sur la modalité AIVB sont les hydroxydes de cuivre retenus dans le protocole national de l'ITAB.

Nous avons suivi 8 sites (4 dans le Gard et 4 dans l'Hérault) à raison de deux parcelles par site : une « peu sensible » et une autre « sensible » au mildiou (dans la suite du document, ces parcelles seront appelées « faible pression » et « forte pression ». La sensibilité de chaque parcelle a été estimée par le viticulteur. Il s'agit donc d'une notion relative à la pression de mildiou subie sur son domaine.

Résultats

Globalement, la pression mildiou a été faible sur les sites d'essais. Seules deux parcelles ont subi une attaque mildiou conséquente. Nous étudierons le détail des résultats de ces deux parcelles, puis nous ferons une synthèse sur l'ensemble des parcelles.

A) Parcelle « forte pression », Aigues-Mortes (Gard)

Caractéristiques de la parcelle :

Cépage : grenache gris, densité de plantation : 2,25 X 1 m, sol sableux, mode de conduite : cordon de royat, palissage : 1 fil porteur

Matériel utilisé : pulvérisation pneumatique, 200 l d'eau/ha, passage tous les 3 rangs puis tous les 2 rangs quand la végétation est suffisamment développée

Tableau n° 1 : calendrier des traitements cupriques sur les deux modalités de la parcelle « Forte pression » à Aigues-Mortes

AIVB			VITI		
Date	Causes	Dose	Date	Causes	Dose
			30 avril	Risque de contamination donné par les avertissements	300 g
			18 mai	Quelques taches observées	800 g
21 mai	Premières taches observées Pluies annoncées	600 g			
			26 mai	Traitement pré-floraison	800 g
3 juin	Recontamination, forte pression Pluies annoncées	800 g			
			7 juin	Quelques nouvelles taches Traitement fin floraison	800 g
12 juin	Protection des pousses Pluies annoncées	600 g			
			24 juin	Nombreuses nouvelles taches	800 g
3 juillet	Extension du mildiou sur grappe Pluie annoncée	800 g			
			19 juillet	Risque brouillard humidité Protection des pousses	800 g
3 août	Pression importante Protection des pousses Pluies annoncées	600 g			
			12 août	Risque brouillard humidité	800 g
16 août	Pression toujours importante Protection des pousses Pluies annoncées	600 g			
		4 kg			5,1 kg

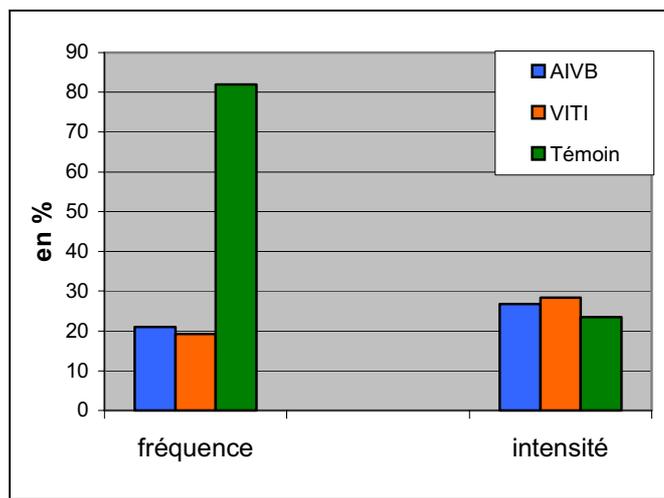
Sur la modalité AIVB, les traitements ont été déclenchés dans le respect des RDD proposées, dans la mesure du possible. En effet, les contraintes des RDD (notamment en terme de réactivité entre l'annonce d'une pluie et la réalisation du traitement) font que certains traitements n'ont pu être effectués dans les conditions recommandées (ex : le traitement du 12 juin a été effectué après la pluie du 11 juin).

Les principales différences de la modalité VITI tiennent au déclenchement du premier traitement (avant l'apparition des symptômes sur la parcelle) et aux traitements systématiques d'encadrement de la floraison. Cependant, le seul traitement réalisé avant l'apparition des symptômes sur la modalité VITI a été effectué le 30 avril à la dose de 300 g de cuivre métal et a été lessivé par plusieurs pluies (cumul de 40 mm) dans les jours suivant l'application.

Au total, la mise en œuvre de la modalité AIVB entraîne une diminution de 21% des quantités de cuivre apportées par rapport à la modalité VITI et de 14% du nombre de traitements (6 au lieu de 7).

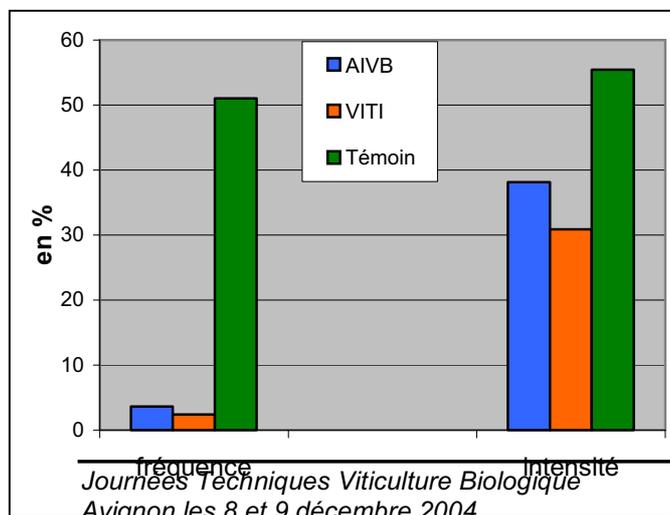
Les résultats des attaques de mildiou à la vendange, représentatifs de l'ensemble de la campagne, sont présentées dans les figures n°3 et 4.

Figure n° 3 : notation de la présence de mildiou sur feuilles au 1^{er} septembre



Modalité	Fréquence		Intensité	
AIVB	21	B	26,77	A
VITI	19,25	B	28,37	A
TNT	82	A	23,47	A

Figure n° 4 : notation de la présence de mildiou sur grappes au 1^{er} septembre



Modalité	Fréquence		Intensité	
AIVB	3,63	B	38,13	A
VITI	2,38	B	30,88	A
TNT	51	A	55,43	A

La contamination de la parcelle a été précoce (début mai). Aucune des deux stratégies mises en œuvre (AIVB ou VITI) n'a permis de se prémunir de cette attaque. Les doses de cuivre utilisées à chaque traitement durant le reste de la campagne n'ont pas été suffisantes pour maîtriser correctement le développement de la maladie.

Statistiquement, les écarts d'attaque entre les deux modalités traitées au début du mois de septembre ne sont significatifs, ni sur feuilles, ni sur grappes. Cependant, tout au long de la campagne, la modalité AIVB a été plus attaquée que celle du viticulteur. Le fait que cette différence ne ressorte pas d'un point de vue statistique est dû à l'hétérogénéité des attaques. D'autre part, l'attaque de mildiou sur la modalité VITI était déjà assez forte (20% en fréquence et 30% en intensité sur grappes à la récolte). De plus, le viticulteur a reconnu à la vendange qu'une attaque de mildiou telle que subie sur la modalité AIVB ne serait pas supportable en dehors du cadre d'un essai !

De fait, nous considérons que le schéma de RDD proposé n'a pas été validé sur cette parcelle de grenache, l'attaque subie ayant été trop importante.

Il est à noter que sur une parcelle de merlot située juste à côté la forte économie de cuivre engendrée par la mise en place de la modalité AIVB (65% en moins par rapport à la modalité viticulteur) n'a pas eu d'incidence sur l'attaque de mildiou à la récolte. Les RDD ont été validées sur cette parcelle.

B) Parcelle « forte pression », Saint Christol de Rodière (Gard)

Caractéristiques de la parcelle :

Cépage : grenache, densité de plantation : 2,1 X 1,1 m, porte-greffe : 1103 Paulsen, âge : 25 ans, sol sableux, mode de conduite : cordon de royat, palissage : 1 fil porteur

Matériel utilisé : pulvérisation pneumatique, 170 l d'eau/ha, passage tous les 3 rangs puis tous les 2 rangs quand la végétation est suffisamment développée

Tableau n° 2 : calendrier des traitements cupriques sur les deux modalités de la parcelle « Forte pression » à Saint Christol de Rodière

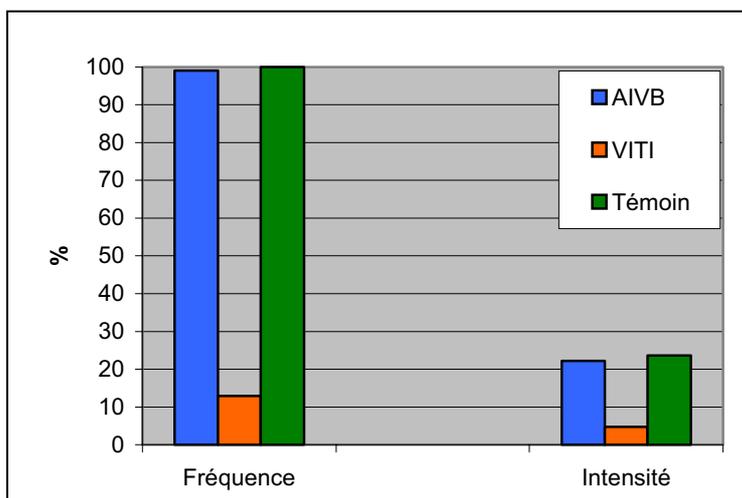
AIVB			VITI		
Date	Causes	Dose	Date	Causes	Dose
			21 mai	Risque de contamination donné par les avertissements	400 g
			18 juin	Protection des pousses Pluie annoncée	600 g
			6 juillet	Protection des pousses Pluie annoncée	900 g
1 ^{er} septembre	Pluie annoncée Très forte pression de mildiou mosaïque	600 g	1 ^{er} septembre	Pluie annoncée Protection des pousses	1,2 kg
0,6 kg			3,1 kg		

En respectant les RDD (notamment attente de la présence de taches sur la parcelle avant d'intervenir), un seul traitement a été appliqué sur cette parcelle. Dans le même temps, le viticulteur a effectué 4 applications par rapport aux alertes des avertissements agricoles et des prévisions météorologiques. La diminution des apports de cuivre est très importante puisque sur la modalité AIVB la quantité de cuivre apportée est 80% plus faible que sur la modalité VITI. Il

est malgré tout intéressant de noter que la dose de cuivre apportée sur la modalité VITI est très nettement inférieure aux actuelle et future doses réglementaires.

La figure n°5 reprend les résultats des comptages de mildiou sur feuilles au 16 septembre. Les symptômes observés étaient principalement des symptômes de mildiou mosaïque. Sur grappes, aucun symptôme n'a été observé.

Figure n° 5 : notation de la présence de mildiou sur grappes au 16 septembre



Modalité	Fréquence		Intensité	
AIVB	99	B	22,3	B
VITI	13	A	4,8	A
TNT	100	B	23,7	B

Le traitement de la modalité AIVB effectué le 1er septembre n'a apporté aucune efficacité : cette modalité ne se différencie pas du TNT, avec toutes les feuilles présentant des symptômes de mildiou. Sur la modalité VITI, l'avant dernier traitement date du 6 juillet, soit environ 1 mois et demi avant l'apparition du mildiou mosaïque. Ce constat confirme l'importance des apports de cuivre précoces dans la maîtrise des attaques tardives de mildiou mosaïque.

Sur la parcelle « faible pression » de ce domaine (parcelle de syrah) : aucun traitement n'a été effectué sur la partie AIVB (contre 3,1 kg sur la modalité VITI) sans aucun symptôme de mildiou (ni sur feuilles ni sur grappes) au moment des vendanges.

C) Synthèse sur l'ensemble des sites d'essais

Les parcelles sur lesquelles la présence de mildiou était significative à la récolte ont été détaillées dans les deux paragraphes précédents. Dans cette partie, nous présenterons uniquement les résultats des apports de cuivre et le nombre des traitements effectués sur les autres parcelles.

Tableau n° 3: comparatif des apports de cuivre et du nombre de traitements entre les deux modalités traitées sur les parcelles d'essai 2004

Domaines	Parcelles	Pression*	Dose de cuivre métal / ha		Nombre de traitements	
			AIVB	VITI	AIVB	VITI
Vauvert** (30)	Toute l'exploitation	Moyenne	0,6 kg		1	
Valros (34)	Cabernet Sauvignon	Faible	2,8 kg (7%)***	3 kg	4 (0%)***	4
	Grenache	Forte	3 kg (0%)	3 kg	4 (0%)	4
Aigues-Mortes (30)	Merlot	Faible	1,8 kg (65%)	5,1 kg	3 (57%)	7
	Grenache	Forte	4 kg (21%)	5,1 kg	6 (14%)	7
Fourques (30)	Cabernet Sauvignon	Faible	1,8 kg (18%)	2,2 kg	3 (25%)	4
	Grenache	Forte	2,4 kg (-9%)	2,2 kg	4 (0%)	4
Saint Christol de Rodière (30)	Syrah	Faible	0 kg (100%)	3,1 kg	0 (100%)	4
	Grenache	Forte	600 g (80%)	3,1 kg	1 (75%)	4
Marseillan (34)	Syrah	Faible	2,1 kg (46%)	3,9 kg	4 (43%)	7
	Sauvignon	Forte	2,3 kg (41%)	3,9 kg	4 (43%)	7
Pinet (34)	Terret Bourret	Faible	1,35 kg (39%)	2,2 kg	2 (33%)	3
	Picpoul	Forte	1,35 kg (39%)	2,2 kg	2 (33%)	3

* Pression mildiou habituelle sur la parcelle selon l'expérience du viticulteur

** Sur le domaine de Vauvert, l'ensemble du vignoble a été traité selon la modalité AIVB

*** Pourcentage de diminution (cuivre métal ou nombre de traitements) sur la modalité AIVB par rapport à la modalité VITI

 Parcelles détaillées dans les paragraphes A et B

Aucune des modalités ne dépasse les 6 kg de cuivre. Sur la majorité des sites, la mise en œuvre des RDD proposées par l'AIVB a permis de réduire les apports de cuivre par rapport aux pratiques habituelles des viticulteurs (en moyenne 37% d'économies), pour un niveau d'efficacité tout à fait comparable. Les économies portent principalement sur le nombre de traitement (en moyenne, la modalité AIVB effectue 35% de traitements en moins contre une économie de 7% de la quantité de cuivre apportée par traitement°. La différence s'est donc principalement faite sur le raisonnement du déclenchement des traitements.

Il est intéressant de noter que chez l'ensemble des viticulteurs, les mêmes traitements ont été effectués sur les deux parcelles, présentant a priori des sensibilités au mildiou différentes.

Discussion

La principale différence entre les modalités AIVB et VITI sur les différents domaines est la prise en compte de la sensibilité de la parcelle dans le déclenchement des traitements. Sur la modalité AIVB, nous avons systématiquement apporté moins de cuivre sur la parcelle annoncée comme peu sensible par rapport à l'autre, avec des niveaux d'efficacité satisfaisants.

Compte tenu des résultats obtenus, nous considérons que sur les parcelles peu sensibles au mildiou (soit par le cépage, soit par la localisation de la parcelle) le schéma des RDD proposé est validé.

Par contre dans une situation contraire (notamment sur cépages sensibles), il est nécessaire de revoir les préconisations (déclenchement du premier traitement). En effet, il semble intolérable d'attendre la sortie des premiers symptômes de mildiou avant de déclencher le premier traitement, au risque de voir se développer fortement le mildiou sur grappes.

Des améliorations peuvent être apportées aux schémas de règles de décision AIVB dans le cas de parcelles à forte pression.

- Prévoir un traitement préventif au mildiou mosaïque sur les parcelles sensibles qui n'ont pas ou très peu reçu de cuivre sur la saison pour éviter le développement de mildiou mosaïque,
- Premier traitement avant l'apparition des premières taches, dès que les conditions météo et physiologiques du parasite sont remplies (œufs matures, températures moyennes supérieures à 11°C et pluies annoncées) et que des foyers primaires ont été repérés sur le secteur,
- Anticiper un peu plus les traitements pour éviter de se faire déborder par les précipitations,
- Cibler les traitements de renouvellement sur les organes néoformés,
- Réduire la dose des apports de renouvellement pour protéger les nouvelles pousses dans le cas où il n'y a pas eu lessivage du cuivre, pour éviter l'accumulation inutile sur les parties plus âgées.
- Essayer de prendre en compte de manière plus quantitative l'hygrométrie et d'évaluer un seuil à partir duquel les contaminations peuvent avoir lieu et le cuivre peut être lessivé.

Conclusion

Chez l'ensemble des viticulteurs chez qui nous avons travaillé, il existe des possibilités de réduction des apports cupriques. Le principal critère sur lequel ce gain pourrait s'obtenir est l'échelle à laquelle les traitements sont réfléchis : le plus souvent, les mêmes traitements sont effectués sur l'ensemble du domaine. Réaliser les apports en fonction de la sensibilité de la parcelle (notamment par rapport à la sensibilité variétale) permettrait de réaliser des économies substantielles sur certaines parcelles et ainsi d'avoir plus de souplesse sur les parcelles les plus sensibles. Ce type de fonctionnement peut se heurter à des contraintes d'organisation du domaine. C'est pourtant la voie vers laquelle il faudrait tendre. De plus, l'exploitant gère le risque à l'échelle de son domaine. Il faut pouvoir lui garantir que le risque pris en réduisant les apports cupriques sont maîtrisés.

Les RDD proposées cette année méritent d'être affinées pour réduire le risque pris par le viticulteur et ainsi les rendre compatibles avec les contraintes que peuvent rencontrer les viticulteurs sur le fonctionnement global de leur vignoble.

Enfin, la réflexion sur la réduction des apports cupriques doit s'insérer dans un raisonnement plus global sur la protection du vignoble en mettant en œuvre les Bonnes Pratiques Agricoles (ex : soin apporté à la qualité de la pulvérisation) et aux principes de l'agriculture biologique (mise en œuvre des mesures prophylactiques, intégrer l'environnement de la parcelle dans le raisonnement des pratiques....).

CUIVRE : ORIGINES, USAGES ET DIFFERENTES FORMES

Henri GIRARD – SIPCAM / PHYTEUROP
Tél/fax : 04 67 99 94 33. E-mail : h.girard@phyteurop.com

1 - HISTOIRE du CUIVRE :

1-1- Les premières utilisations

Le cuivre est le métal le plus anciennement utilisé par l'homme, car on pouvait le trouver dans le sol à l'état presque pur (état natif).

Il ne nécessitait donc pas de gros travail d'affinage.

De petits objets en cuivre apparaissent vers les IX^{ème} et VII^{ème} millénaires avant notre ère.

Le cuivre fut utilisé avant le bronze (alliage étain-cuivre utilisé à partir de 3500 avant J.C.), et le fer (à partir de 1800 avant J.C.).

Les premiers indices de la fonte du cuivre sont les scories du site de Catal Hoyuk en Anatolie entre 7 000 et 6 000 ans avant notre ère.

Les Egyptiens faisaient un usage courant du cuivre, on a trouvé dans des tombes royales, des lames de poignards, des haches, des harpons et des vases en cuivre.

On retrouve aussi l'usage du cuivre à cette époque en Mésopotamie, Iran, Inde, Chine et Japon.

En Amérique du Nord, le cuivre natif est également utilisé dès le III^{ème} millénaire avant notre ère par quelques groupes primitifs d'esquimaux et d'indiens qui l'ont travaillé par martelage à froid, pour confectionner des ornements ou des outils.

En Italie, dans le Midi de la France, et sur la côte orientale de la péninsule Ibérique, des lames de poignards et des perles en cuivre circulent vers 2 500 avant J.C.

Le colosse de Rhodes (l'une des 7 merveilles du monde), fut exécuté en martelant des feuilles de cuivre sur des moules en bois.

L'origine du nom cuivre (lat. : Aes Cyprium) vient de l'île de Chypre qui produisait du cuivre d'une qualité supérieure aux autres.

L'invention de la poudre à canon devait conduire à l'emploi intensif du bronze pour les pièces d'artillerie. Les boussoles, balances, pièces métalliques à bord des navires étaient en cuivre ou en laiton (alliage de cuivre et de zinc), en raison de leur résistance à la corrosion.

1-2- Découverte du cuivre en Agriculture

Le mildiou (*Plasmopara viticola*), champignon parasite des vignes sauvages aux USA, arriva en France probablement en 1878 dans un port de la région bordelaise. Il s'attaqua rapidement à toutes les variétés de *Vitis vinifera*. Dès 1880, le mildiou se répandit dans toute l'Europe.

Les propriétés fongicides des sels de cuivre furent découvertes fortuitement. Depuis très longtemps, dans le Médoc les viticulteurs avaient pris l'habitude de badigeonner les bordures de vigne avec un mélange de chaux et de sulfate de cuivre pour protéger leurs raisins des voleurs.

Alexis Millardet professeur de botanique à la faculté des sciences de Bordeaux, observa en 1882, les effets bénéfiques de ce traitement de bordure contre le mildiou, et il entreprit ensuite des essais en 1883 et 1884, pour mettre en évidence l'action fongicide de cette solution sur le mildiou. La bouillie bordelaise était née.

D'autre part, depuis 1831, les échelas et piquets de vigne étaient traités pour améliorer leur conservation. A cette époque, en Bourgogne, il y avait une forte densité d'échelas et de piquets de vigne à l'hectare. A partir de 1883, dans cette région, on remarqua que les vignes proches des piquets préalablement trempés dans une solution de sulfate de cuivre, étaient préservées du mildiou. Les liens de paille et de chanvre étaient aussi sulfatés.

Ces premières observations datent de 1883 (Pulliat), 1884 (Perrey) puis en même temps d'autres viticulteurs communiquèrent leurs observations dans le Journal de Beaune (septembre 1884).

En octobre 1884, une circulaire du Ministre de l'Agriculture, conseilla de planter des petites tiges de bois trempées dans une solution de sulfate de cuivre (3,7 kg par hl) pour lutter contre le mildiou.

En 1885, les essais se multiplièrent dans plusieurs régions, avec des échelas sulfatés et des liens également traités avec de la bouillie bordelaise.

Dès 1886, il fut démontré que les vignes traitées produisaient des vins exempts de résidus significatifs de cuivre (« moins que dans l'eau qui passe par une pompe en cuivre »). Les traitements au sulfate de cuivre se généraliseront en France après 1886, année de forte attaque de mildiou qui fit de gros dégâts. Autrefois, dans les campagnes, la teinte bleue des vignes sulfatées (généralement due au bleu de Prusse), permettait de bien repérer l'exécution des traitements, mais faisait aussi la fierté des viticulteurs ; car les vignes bien bleues étaient synonymes de bons traitements contre le mildiou et donc du degré de technicité du propriétaire.

2 - EXTRACTION et FABRICATION

2-1- Etat naturel

Aujourd'hui, le cuivre n'existe plus à l'état natif comme dans l'Antiquité. La concentration moyenne de l'écorce terrestre en cuivre est de 5 parties par million (ppm). Dans la nature, on trouve du cuivre sous forme de minerais presque pur (Bolivie) ou sous forme de sulfures (pyrites), d'oxydes, de carbonates, de sulfates, de silicates, de chlorures.

Gisements :

La teneur des gisements de cuivre actuels est assez faible (0,5 % à 6 %), le minerai est riche s'il contient plus de 1,8 % de cuivre. Par comparaison, les minerais de fer contiennent couramment 20/50 % de fer. Il existe plusieurs types de gisements :

- . Gisements de porphyre (cristaux pourpres) : 40/45 % des réserves mondiales, situés surtout en Amérique du Nord et du Sud. Mines à ciel ouvert.
- . Gisements sédimentaires : 35/50 % des réserves mondiales, surtout en Afrique (Zambie, Zaïre).
- . Sulfures d'origine volcanique : petits gisements.

Les plus grandes mines du monde se trouvent :

- aux USA : Bingham copper mine.

- au Chili : -Chuquicamata : plus grande mine du monde à ciel ouvert, découverte en 1915, diamètre

de 4,5 km, profondeur de 740 m, 25 % des réserves mondiales, 13 % de la production

mondiale.

-El Teniente (plus grande mine souterraine du monde).

-Escondida (ouverte en 1991, teneur en cuivre 1,6 %).

- au Zaïre : Kamoto.

Le minerai de cuivre contient parfois des traces d'or, d'arsenic, d'étain, de bismuth et d'antimoine. En France, la dernière mine à produire du cuivre se trouvait à Salsigne (11), sa production inférieure à 400 T par an se faisait en sous-production d'une mine d'or.

2-2- Fabrication du cuivre

En général, les minerais sulfurés sont traités par pyro-métallurgie, et les minerais oxydés par hydrométallurgie. Les minerais de cuivre sont surtout traités par voie sèche (concassage, broyage, triage puis flottation dans l'eau, décantation, filtration et séchage), pour obtenir un minerai enrichi contenant de 25 % à 40 % de cuivre.

Ce minerai est ensuite grillé au four pour le débarrasser de ses impuretés et de sa gangue, on obtient la «matte» de cuivre contenant environ 40 % à 60 % de cuivre, du soufre, des métaux de base et des métaux précieux.

Cette matte est ensuite passée au convertisseur (four rotatif à 1 300°C) pour affiner le cuivre et récupérer les autres métaux. Le cuivre ainsi traité est appelé cuivre brut ampoulé ou blister copper, il contient 96 % à 99,5 % de cuivre. Il se présente sous forme de plaques.

Le cuivre est ensuite affiné par électrolyse (transport du métal des anodes en cuivre «impur» aux cathodes en cuivre «pur») pour devenir presque pur : + de 99,9 % de cuivre. Son affinage peut également être thermique.

Grâce à sa malléabilité, le cuivre pur est ensuite transformé en tiges, feuilles, barres à fil, plaques, billettes...

3 - PROPRIETES ET UTILISATIONS DU CUIVRE

3-1- Propriétés

. Symbole : Cu.

. Densité : 8,89 kg/dm³.

. Température de fusion : 1083° C.

. Coefficient de dilatation : 1,7 mm/m pour 100° C.

. Le seul métal coloré avec l'or.

. Le meilleur conducteur de l'électricité et de la chaleur après l'argent.

. Présence moyenne dans l'écorce terrestre : 5 g à la tonne ou 13 g au m³.

. Présence dans les organismes vivants : 1 à 10 mg/kg.

. Présence dans les organes végétaux : 1 à 40 mg/kg.

Le cuivre est un métal ductile, malléable, excellent conducteur de chaleur et d'électricité ; il fond à 1 083°C et colore la flamme en vert.

Le cuivre est peu oxydable à froid, mais donne CuO (oxyde cuivreux) noir à moyenne température et Cu₂O (oxyde cuivrique) rouge à plus forte température.

3-3- Utilisations du cuivre :

La France consomme environ 500 000 T de cuivre par an.

Le cuivre est surtout utilisé en électricité et en électronique (50 %) ; et dans la construction, les transports, l'automobile (radiateur, câbles, air conditionné...), la production d'équipements industriels et de consommation courante (climatiseur...).

Mais il est aussi utilisé en agriculture (fongicide et bactéricide), en élevage, pour le traitement des eaux...

4 - FABRICATION DES SELS DE CUIVRE

Le cuivre servant de base aux sels cupriques à usage agricole provient principalement de cuivres de récupération (bobines, fils, plaques ...), à forte teneur en cuivre (>99,5 %), qui sont triés puis compactés, en petits cubes. Ces matériaux sont sélectionnés en fonction de leur pureté en cuivre et de leur teneur minimale en étain. Le cuivre ainsi compacté en cubes, est ensuite placé dans des cuves de très fortes capacités pour être attaqué par des acides.

CUIVRE + acide sulfurique = sulfate de cuivre + soude → hydroxydes de cuivre

+ chaux → bouillie bordelaise

+ carbonate de soude → bouillie bourguignonne

+ acétate de calcium → acétate de cuivre (verdet)

CUIVRE + acide chlorhydrique = chlorure de cuivre → oxychlorures de cuivre

CUIVRE + chaux = carbonate de cuivre

5 - MODE D'ACTION

5-1. Dans la plante à l'état naturel

Le cuivre est un élément indispensable à la nutrition des plantes. Il joue un rôle important dans la photosynthèse, la respiration, la répartition des hydrates de carbone, la fixation de l'azote, la synthèse des protéines et le métabolisme des parois cellulaires. La teneur en cuivre des organes végétaux à l'état naturel varie de 1 à 40 mg/kg. L'absorption du cuivre par les plantes est fonction du pH du sol. La plus grande partie du cuivre présent dans les racines n'est pas transférée vers les parties aériennes. Il migre sous la forme de complexes Cu-acides aminés et d'associations avec des composés soufrés. Une sur-fertilisation azotée peut entraîner des carences en cuivre, à cause du blocage du métal dans les racines (sous forme de métalloprotéines) et aussi en favorisant le développement de la végétation aérienne.

5-2. Contre les parasites

Même si le cuivre est l'un des produits à action anticryptogamique et bactéricide les plus étudiés, tous les détails de son mode d'action n'ont pas encore été décrits. Les sels cupriques

sont des produits de contact, qui ont de multiples actions. Quelle que soit la forme de cuivre, c'est l'ion cuivrique (Cu ++), libéré dans l'eau qui possède les propriétés fongistatiques et bactéricides.

On distingue l'ion cuivreux monovalent et l'ion cuivrique Cu ++ bivalent.

Le cuivre peut également être solubilisé par certaines substances sécrétées par les champignons

(amino-acides, amines et amides), mais aussi par les plantes (composés ammoniacaux et glucosamine éliminés). Le cuivre inhibe la germination des spores de certains champignons. Il a une action de contact qui empêche une primo-inoculation, mais qui ne détruit pas un foyer déjà existant. Le cuivre a un mode d'action multi-sites sur les parasites :

Il bloque les processus respiratoires :

L'ion cuivre pénètre dans les cellules des parasites et interfère avec de nombreuses réactions enzymatiques. Il modifie les processus de respiration et d'oxydoréduction.

Il freine la biosynthèse des protéines :

L'ion cuivre dénature les molécules de protéines et donc freine leur biosynthèse.

Il diminue l'activité membranaire et ralentit le transfert des éléments :

- Le cuivre modifie la perméabilité de la membrane cellulaire, en dénaturant les protéines structurelles et enzymatiques qui la compose.

- La dénaturation d'une protéine correspond à la rupture des liaisons de ses composants amino-acides à la suite d'une influence thermique, chimique ou enzymatique. L'ion cuivre remplace les composants cationiques des aminoacides, brisant ainsi la liaison.

Ce processus de dénaturation semble aussi concerner la paroi des champignons de nature chitineuse ; le cuivre se substitue à certains cations essentiels comme l'hydrogène, le calcium, le magnésium, pour former des composants organométalliques appelés chélateurs.

En résumé, l'ion cuivre, prend la place de certains cations, perturbe la vie des cellules des parasites et dénature ses composants. Les traitements à base de cuivre ne doivent pas être effectués durant la floraison sur certaines variétés sensibles d'arbres (pêchers...), en raison de problèmes de phytotoxicité et de leur action inhibante sur la germination des grains de pollen.

Le cuivre est utilisé depuis plus de 100 ans comme fongicide et bactéricide en agriculture, et aucun phénomène de résistance n'a été constaté à ce jour car son mode d'action multi-sites rend improbable l'apparition ou la sélection de souches résistantes.

6 - PROPRIETES et UTILISATIONS AGRICOLES

Le cuivre est efficace contre de nombreux agents pathogènes. Ce sont en général les champignons parasites des feuilles et des fruits et un grand nombre de bactéries.

6-1- Actions sur la végétation :

Dès 1885, des observateurs avaient remarqué que les vignes traitées avec du cuivre gardaient leur feuillage plus longtemps et que **l'aoûtement des sarments était plus rapide et plus complet**. D'autre part, après une grêle ou le passage des machines à vendanger, l'application de cuivre permet de mieux **cicatriser ou cautériser les plaies**. Le cuivre à faible dose permet aussi de réguler la vigueur de la vigne et des arbres fruitiers, ce qui peut être très intéressant dans certaines situations de vigueur trop importante et d'objectif de qualité des fruits.

On a constaté également que le cuivre favorisait le durcissement de l'épiderme des fruits, ce qui freine la pénétration ou le développement de certaines maladies (monilia, pourriture...).

6-2- Actions anti-carencielles

Le cuivre fait partie des oligo-éléments. On le trouve à l'état naturel dans le sol et les plantes à faible dose. Le cuivre est un constituant majeur de nombreuses enzymes et intervient dans de nombreuses réactions biochimiques très importantes :

- . La germination.
- . La photosynthèse.
- . La respiration.
- . L'assimilation de l'azote.
- . La lignification.

Dans de nombreuses régions de France (Sud Ouest, Centre, Champagne) carencées en cuivre, des apports sur sol nu de 5 à 20 kg/ha sont fréquents. L'assimilation du cuivre est favorisée par un pH faible (acide), les zones de carences en cuivre se trouvent plutôt en sols calcaires à pH élevé, en sols lessivés acides et en sols limoneux. Les symptômes de carences en cuivre ressemblent à ceux de la chlorose ferrique, accompagnés de nécroses et torsions foliaires, et réduction de la lignification. Ce sont surtout les céréales à paille (maladie des bouts blancs et épis vides) et le maïs qui sont sensibles à ces carences.

6-3 Autres utilisations

- . Traitements des bois et piquets : pour leur protection longue durée, utilisé en trempage.
- . Algicides : dans les bassins, rizières(dissolution).
- . Semences de céréales : protection des semences contre les caries (trempage et poudrage) .
- . Pédiluves : désinfection des sabots des ovins et caprins...
- . Aliments : en complément des aliments du bétail.
- . Anti-mousses : contre les mousses sur les toitures, dallages...

Compte tenu de toutes ses qualités et usages possibles, le cuivre est utilisé pratiquement d'un bout de l'année à l'autre. Son mode d'action multi-sites et son action de contact le rendent particulièrement polyvalent et efficace sur de nombreuses maladies, et son action sur les maladies bactériennes est inégalée. Toutes ces qualités et son prix très attractif en font le traitement de base de nombreuses cultures.

7- Les DIFFERENTES FORMES DE CUIVRE :

Nous allons détailler ici les différentes formes de cuivre sous forme de sels. Les composés cupriques sont appelés cuivreux avec Cu monovalent (ex : CuO) et cuivriques avec Cu bivalent (ex : Cu²⁺).

Chaque forme de sel cuprique a ses propres caractéristiques (solubilité, adhésivité, résistance au lessivage, sélectivité, efficacité...).

Mais à l'intérieur de chaque forme de cuivre, il peut exister de grandes différences d'efficacité, de résistance au lessivage, d'adhésivité, de sélectivité en fonction des différentes formulations :

Exemple : certaines bouillies bordelaises sont homologuées de 1 500 à 1 900 g/ha de cuivre en vigne contre le mildiou, et d'autres de 3 000 à 5 000 g/ha. Leur efficacité est donc différente et leur adhésivité, leur résistance au lessivage aussi.

Autre exemple : les oxychlorures en poudre mouillable à 50 % sont homologués à 5 000 g/ha et la Pasta Caffaro sous forme liquide est homologuée à 3 000 g/ha en vignes contre le mildiou. Grâce à sa formulation très fine (majorité des particules inférieures à 1 µ), l'adhésivité, la résistance au lessivage et l'efficacité de la Pasta sont comparables aux meilleures bouillies bordelaises dose pour dose (3 000 g/ha) bien que la forme des sels de cuivre soit différente. La formulation et le savoir faire des sociétés jouent donc un grand rôle dans la qualité et l'efficacité des différents sels de cuivre, et parfois au-delà de leur forme propre.

7-1- Acétate de cuivre ou Verdet

Fabrication : obtenu par traitement du sulfate de cuivre par l'acétate de calcium.

Forme : poudre mouillable neutre, défini par une norme AFNOR - NFU 43008.

Aspect : grains ou cristaux verts émeraude.

Solubilité : très soluble dans l'eau, 71 g/l d'eau à 20°C.

Formule chimique : $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Teneur en cuivre : 31,5 %.

Spécificités :

Pour : marque peu les raisins.

Contre : plus phytotoxique que les autres formes de cuivre, moyennement adhérent, lessivage rapide.

Utilisation : surtout sur le Sud-Est pour les raisins de table, car il marque peu le raisin, mais il provoque un goût particulier des raisins (Baldachino - essais SICA la Tapy).

Le Verdet gris ou Verdet de Montpellier autrefois fabriqué à la ferme, était obtenu en mettant des plaques de cuivre dans du marc aigri (acide). On recueillait le verdet gris en raclant les plaques de cuivre. Ce produit était macéré dans l'eau 24 à 48 heures puis employé en suspension aqueuse à 1,5 %. Ce verdet gris moyennement efficace contre le mildiou, présentait l'avantage de ne pas brûler, ni marquer le feuillage.

7-2- Carbonate de cuivre

Forme : poudre pour poudrage, neutre.

Formule chimique : $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$.

Teneur en cuivre : 12,5 %.

Spécificités :

Pour : pénètre bien au cœur du feuillage et sur les grappes, peu phytotoxique même aux stades sensibles de la vigne (floraison), action asséchante intéressante contre le botrytis.

Contre : facilement lessivable et moins efficace contre le mildiou que les autres cuivres.

Utilisations : surtout sur le Sud-Est en vigne et cultures maraîchères où son action asséchante contre le botrytis est appréciée et les applications en poudrage courantes (soufres). Les poudres pour poudrage sont aussi intéressantes dans les zones sans eau. Le carbonate de cuivre peut être associé avec du soufre poudrage ou de la roténone.

7-3- Hydroxyde de cuivre

Fabrication : obtenu généralement par traitement du sulfate de cuivre par la soude.

Forme : poudre mouillable et très récemment en France des liquides (SC) et granulés autodispersibles (WG).

Solubilité : très peu soluble dans l'eau, 3 mg/l.

Formule chimique : Cu(OH)₂.

Teneur en cuivre : 50 % pour les PM (poudres mouillables) , 340 à 400 g/l pour les SC (suspensions concentrées) et 35 à 50 % pour les WG (granulés hydrodispersibles)..

DL 50 orale aiguë : 924 mg/kg sur rat mâle adulte.

Spécificités :

Pour : libération massive et instantanée des ions cuivriques donc action de choc.

Grâce à la libération rapide des ions cuivre, et des traitements répétés à 8-10 jours d'intervalle lors des procédures d'homologation, les nouvelles formulations d'hydroxyde (SC et WG) ont pu obtenir des homologations de 1 500 à 1 600 g/cu/ha contre le mildiou en vigne.

Contre : moins bonne efficacité contre le mildiou que la bouillie bordelaise (ITV - Molot 1993) et moins bonne résistance au lessivage.

Moins bonne sélectivité que les oxychlorures et les bouillies bordelaises.

A l'heure actuelle son prix est plus élevé que les autres formes de cuivre.

Utilisations : compte tenu de ses qualités d'action de choc, il est surtout utilisé en vigne pour cicatrifier les plaies dues à la grêle ou aux machines à vendanger, ou pour lutter contre les bactérioses en vergers lors de la chute des feuilles.

7-4- Oxyde cuivrique

Forme : poudre mouillable, neutre.

Aspect : couleur rouge brique.

Solubilité : très peu soluble dans l'eau.

Formule chimique : Cu₂O.

Teneur en cuivre : 50 %.

DL 50 orale aiguë : 1 340 mg/kg sur rat mâle adulte.

Spécificités :

Pour : nombreuses particules fines (< 1 µ) d'où bonne adhérence et persistance. Forte teneur en cuivre d'où doses réduites.

Contre : plus phytotoxique que les autres formes de cuivre.

Utilisations : surtout utilisé en arboriculture à la chute des feuilles ou en traitement d'hiver.

7-5- Oxychlorure de cuivre

Il existe des oxychlorures tétracuvriques mais aussi des oxychlorures tricuvriques calciques.

Fabrication : attaque du cuivre à l'acide chlorhydrique, puis neutralisation avec une base (hydroxyde de calcium ou carbonate de soude). Durant leur production les oxychlorures sont à l'état sec ; en fin de fabrication, ils sont micronisés pour favoriser leur dispersion et leur adhésivité.

Formes : poudres mouillables, mais aussi liquide et poudre pour poudrage.

Aspect : poudre fine verte claire pour les poudres, liquide vert clair ou bleuté. La couleur bleue des sels de cuivre est généralement due au Bleu de Prusse, ce qui renchérit notablement le coût des produits.

Solubilité : pratiquement insoluble dans l'eau, 0,01 µg/l à 20°C.

Formule chimique : $\text{CuCl}_2 \cdot 3 \text{Cu}(\text{OH})_2$.

Teneur en cuivre : 50 % pour les poudres mouillables.

357,5 g/l pour la Pasta/Cuproflo/Yucca.

16 % pour le Polvere (cuivre poudrage).

DL 50 orale aiguë : 1 440 mg/kg sur rats mâles adultes pour l'oxychlorure tétracuvrique.

Spécificités pour les poudres mouillables :

Pour : action de choc moindre que les hydroxydes mais supérieures aux bouillies bordelaises.

Effet de synergie très intéressant avec d'autres fongicides (zinèbe, manèbe, mancozèbe, folpel, cymoxanil). Moins de quantités hectolitre et hectare que la bouillie bordelaise car produits plus concentrés.

Moins cher que les autres sels de cuivre par unité de poids.

Contre : résistance au lessivage généralement inférieure aux bouillies.

Utilisations : En France, surtout utilisé en traitement d'automne et d'hiver en arboriculture, en raison de sa forte teneur en cuivre (donc dose/ha réduite) et de son faible coût.

7-6- Sulfate de cuivre

Fabrication : attaque du cuivre par l'acide sulfurique.

Formule chimique : $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Aspect : grands cristaux bleus à angles obliques, solubles dans l'eau.

Teneur en cuivre : 25,5 %.

DL 50 orale aiguë : > 1000 mg/kg sur rat mâle adulte.

Solubilité : très soluble dans l'eau 230 g/kg à 25°C, peu stable. Chauffé, le sulfate de cuivre perd son eau de cristallisation et devient blanc, mais il reprend sa coloration bleue, en présence de la moindre trace d'humidité.

Formulation : neutralisation difficile à obtenir et à conserver, pH plutôt acide .

Spécificités :

Pour : économique

Contre : faible adhérence, peu stable, risques de phytotoxicité élevée, peu compatible avec les autres produits en raison de son pH très variable et trop acide.

Utilisations : pratiquement abandonné en vigne en France, mais encore utilisé dans certains pays (Italie, Portugal, Espagne), plutôt en traitement d'hiver sur vigne et arbres fruitiers. Il est aussi utilisé pour l'enrobage des semences de céréales. Il sert de produit de base à la fabrication de la bouillie bordelaise et autrefois à la bouillie bourguignonne.

7-7- Bouillie Bordelaise

La définition de la bouillie bordelaise n'est pas encore normalisée, car sa fabrication peut être réalisée de différentes façons selon les pays ou les sociétés.

Fabrication :

Aujourd'hui les bouillies bordelaises sont des produits résultant de la réaction de la chaux et du sulfate de cuivre sans précision des quantités de chacun. Cette réaction peut se faire de plusieurs façons :

. Procédé direct : verser le lait de chaux dans une solution de sulfate de cuivre.

. Procédé inverse : verser la solution de sulfate de cuivre dans le lait de chaux.

. Procédé américain de Galloway : verser les deux composants en même temps dans un récipient.

. 1^{ère} étape : fabrication du sulfate de cuivre en solution aqueuse :



. 2^{ème} étape : fabrication de la bouillie bordelaise :



Dans cette bouillie bordelaise en phase liquide, on trouve de nombreux composés :

- . Des composés calciques : gypse et plâtre.
- . Des composés cupriques :
 - La devellite : $\text{CaSO}_4, \text{CuSO}_4, \text{Cu(OH)}_2, \text{H}_2\text{O}$
 - La posnjakite : $\text{CuSO}_4, \text{Cu(OH)}_2, \text{H}_2\text{O}$
 - La brochantite : $\text{CuSO}_4, \text{Cu(OH)}_2$.

Cette formule théorique évolue dans le temps en phase liquide, les premiers composés se transformant les uns après les autres en brochantite après déshydratation. Le séchage soigné de la bouillie bordelaise doit permettre la transformation des premiers composés cupriques en brochantite.

Une fois pulvérisé sur le feuillage des végétaux, et au contact de l'eau de pluie chargée en CO_2 , il se forme un nouveau sel de cuivre soluble : la malachite ($\text{CuCO}_3, \text{Cu(OH)}_2$), qui libère les ions cuivriques Cu^{++} efficaces contre les champignons et bactéries. Les différences de qualité entre plusieurs bouillies bordelaises peuvent s'expliquer par :

- . La finesse des particules : plus les bouillies sont fines, plus elles sont efficaces, adhérentes et couvrantes.
- . Le pH : pour une bonne sélectivité, le pH doit être neutre (pH = 7) ou proche de cette valeur.
- . La vitesse de mouillabilité de la bouillie sans brassage : pour éviter les bouchages....
- . La faible teneur en métaux lourds (normes FAO).

. Les résidus de tamisage, la tenue en suspension, l'absence de mousse...

Teneur en cuivre : 13 % , 20 % voire 25 %.

En France les bouillies bordelaises industrielles commercialisées actuellement contiennent toutes 20 % de cuivre. Dans d'autres pays (Italie), on trouve souvent des bouillies bordelaises à 13 % de cuivre.

DL 50 orale aiguë : > 2 500 mg/kg sur rat mâle adulte.

Solubilité : pratiquement insoluble dans l'eau.

Doses homologuées : contre le mildiou en vigne, certaines bouillies bordelaises sont homologuées de 1 500 à 1 900 g/ha (bouillie bordelaise Cigale), et d'autres de 3 000 g/ha à 5 000 g/ha.

Spécificités :

Pour : polyvalence entre sélectivité, rapidité d'action et résistance au lessivage par rapport aux autres sels cupriques.

Contre : moins d'effet choc, gros volumes par appareil (10 à 25 kg/ha en vigne).

Utilisations : En France, très larges utilisations sur toutes cultures.

7-8- Bouillie Bourguignonne

La bouillie bourguignonne fut inventée par M. Masson professeur d'agriculture en 1887 à Beaune. Elle est obtenue par la neutralisation du sulfate de cuivre par le carbonate de soude ou de potasse. Cette bouillie fut peu à peu abandonnée car moins persistante, instable et plus chère que la bouillie bordelaise.

7-9- Tallate de cuivre

Fabrication : Cuivre métal sous forme d'hydroxyde fixé sur des distillats acides de bois de résineux. Spécificités : peut s'utiliser seul ou comme adjuvant d'autres fongicides. Utilisation : Préconisé comme adjuvant des fongicides.

8 - EFFICACITE

L'efficacité des sels cupriques dépend de plusieurs paramètres :

8-1. Adhésivité et persistance

Pour avoir une bonne efficacité, le cuivre en solution doit parfaitement adhérer sur le feuillage des plantes (pour éviter le ruissellement) et persister sur ce feuillage (donc résister à un léger lessivage). L'adhérence sur le végétal est liée à la basicité de la formule et à sa ténacité.

On considère généralement qu'un traitement au cuivre doit être renouvelé après une pluie de 20/25 mm ou bien après une pousse de la végétation de 20/30 cm. (Ces données générales doivent être modulées en fonction de la pression parasitaire et des conditions météo).

Du plus persistant au moins persistant dans le cas de lessivage inférieur à 25 mm :

PastaCaffaro/Cuproflo > Bouillie Bordelaise > Oxychlorure (WP) > Hydroxyde (SC et WG)

8-2. Finesse des particules

La ténacité du cuivre est directement liée à la finesse des particules. Plus les particules sont fines, plus le cuivre recouvre (filme) parfaitement le végétal et persiste sur celui-ci. Plus les particules sont fines, plus leur nombre est grand pour une même unité de poids, et plus leur pouvoir couvrant est supérieur (voir schéma ci-contre).

8-3. Neutralité de la bouillie

Les bouillies cupriques doivent être neutres pour éviter les phytotoxicités. Au niveau de l'efficacité, les bouillies acides et neutres ont un pouvoir d'action plus élevé, par contre les solutions alcalines sont plus persistantes.

8-4. Rapidité d'action

La rapidité d'action des bouillies cupriques est directement proportionnelle, à la vitesse de libération des ions Cu^{++} en solution. Nous aurons donc par ordre décroissant :

Hydroxyde (SC et WG) > Oxychlorure (WP) > Bouillie bordelaise (WP) > Pasta/Cuproflo

Compte tenu de tous ces éléments, le savoir faire des sociétés s'exprime pleinement depuis la sélection du cuivre métal, la fabrication des sels cupriques, le séchage, la micronisation, la formulation et le conditionnement. On peut arriver ainsi à de nombreux produits titrant la même quantité de cuivre, mais avec des qualités et des résultats très différents.

9 - SELECTIVITE

Les bouillies bordelaises artisanales d'avant-guerre étaient sans aucun doute plus agressives pour la vigne et les arbres fruitiers que les bouillies bordelaises et les autres sels cupriques industriels actuels dont les pH sont souvent neutres.

9.1 La sélectivité du cuivre peut être fonction de plusieurs paramètres

PH des sels cupriques :

Les bouillies les plus sélectives sont les plus neutres (pH = 7).

Les bouillies acides sont les plus efficaces mais aussi les plus agressives contre les végétaux.

Espèces sensibles :

Espèces très sensibles : pêcher, certains pommiers et poiriers.

Espèces moyennement sensibles : cerisier, abricotier, autres pommiers et poiriers, salades..

Espèces peu sensibles : vigne, solanacées (tomate, pomme de terre...), cucurbitacées (melon, concombre...)

Conditions climatiques :

Les conditions froides et humides favorisent l'agressivité du cuivre. Les mauvaises sélectivités du cuivre sont plutôt visibles dans le Nord de la France et la façade Atlantique que sur le Sud-Est.

Stade végétatif :

Les organes végétatifs jeunes (bourgeons, jeunes feuilles, fleurs) sont sensibles.

Le sol :

Certaines espèces sensibles au cuivre peuvent présenter des symptômes de phytotoxicité dans des sols sableux (pH<6 et Cu>25 mg/kg) et dans les sols argileux (Cu>100 mg/kg). Mais on peut aussi trouver des cultures carencées en cuivre sur des sols très organiques (histosols), des sols calcaires à pH élevé et des sols lessivés acides.

9-2. Symptômes apparents dus aux cuivres

Coulure :

-Sur vigne : la coulure de la vigne est un phénomène complexe et qui dépend de nombreux paramètres (température et luminosité avant et après la floraison, état des réserves des vieux bois, alimentation hydrique). De nombreux travaux (Champagnol 1973-1984, Carbonneau et Ollat 1993), ont montré que l'emploi intensif de la bouillie bordelaise ne modifiait pas le millerandage et le bilan de nouaison de la vigne. On peut donc dire que le cuivre appliqué lors de la floraison n'a pas d'effet sur la coulure de la vigne.

-Sur espèces sensibles, il est préférable de ne pas traiter au cuivre pendant la floraison, et de se méfier des accumulations de cuivre entre les écailles des bourgeons.

Russeting :

Les traitements au cuivre sur certaines espèces sensibles au russeting comme les pommes Golden et les poires Williams, doivent être évités.

Tassement de la végétation

Le tassement de la végétation peut se produire sur espèces sensibles (pêcher, ..) ou par temps froid (< 12°C) et humide, et plutôt sur les organes jeunes.

Nécroses foliaires :

Des petites nécroses foliaires peuvent apparaître aux points d'impacts des gouttes, ou d'accumulations, et des petites déformations de la dentelure des jeunes feuilles peuvent se former. Le sulfate de cuivre, encore utilisé tel quel (non neutralisé à la chaux), est beaucoup plus agressif que les autres formes de cuivre, notamment sur végétation humide. C'est pour cette raison qu'il n'est presque plus utilisé.

Marquage des fruits :

La plupart des fongicides et des sels de cuivre marquent les fruits.

L'acétate de cuivre est la forme de cuivre réputée la moins « marquante ».

9-3. Effets sur les arômes et les vins

A la suite des travaux du Pr. Dubourdieu de la faculté d'œnologie de Bordeaux, présentés lors du colloque INRA-VITI de janvier 1996, il a été montré que sur cépage sauvignon et en Bordelais, des traitements à la bouillie bordelaise effectués après le 30 juin, pouvaient enlever au sauvignon et seulement ce cépage, son arôme typique (bourgeon de cassis, buis...).

D'après ces travaux, les résidus cupriques des traitements tardifs encore présents sur raisins à la récolte, inhiberaient la production d'un composant aromatique appelé la mercapto-méthyl pentanone.

D'autres essais ont été réalisés en 1996 sur muscats (par M. Torrès de la station CIVDN des Pyrénées Orientales), et par la société Elf Atochem sur de nombreux autres cépages : sauvignon, chenin, chardonnay, sémillon, carignan, grenache, cabernet-sauvignon et merlot dans plusieurs régions de France.

De tous ces essais, il ressort que mis à part les sauvignons du Bordelais (5% environ des surfaces de cette région) traités après le 30 juin, il n'y a pas de différences aromatiques, de composition chimique ou de préférence à la dégustation entre les vins issus de vignes traités avec ou sans cuivre.

En conclusion, et dans l'état actuel des connaissances, on peut dire que pour les sauvignons du Bordelais, et si l'on veut conserver leur arôme typique, il est préférable de ne pas traiter au cuivre après le 30 juin. Dans toutes les autres régions, aucune restriction ne s'impose, excepté la recommandation habituelle de suspendre les traitements 20 jours avant la récolte.

10 - FACILITES D'UTILISATION

Les produits sont d'un emploi facile si les emballages ne posent pas de problèmes particuliers et si le dosage et la dissolution des produits sont facilités. Un dernier critère important sera de plus en plus déterminant, il s'agit du contact éventuel entre le produit et l'utilisateur.

10-1. Emballages

Les emballages doivent pouvoir être manipulés aisément et être détruits facilement.

Les sacs de poudre de 25 kg sont lourds, mais ils se détruisent facilement et ce sont les plus économiques à produire.

Les emballages de produits liquides posent des problèmes de rinçage et de destruction.

Les sachets hydrosolubles des produits en poudre sont très pratiques à doser et à détruire.

Les emballages cartons et papiers des produits sous forme de WG (granulés auto-dispersibles dans l'eau), sont facilement destructibles.

10-2. Dosage

Le dosage des produits liquides, des WG et des sachets hydrosolubles est très facile.

La manutention des sacs de 25 kg et le dosage des produits sous ce conditionnement peuvent s'avérer délicats, si les procédures de mise en œuvre ne sont pas respectées.

De grosses quantités de produits en poudre versées directement dans les cuves des pulvérisateurs peuvent également provoquer des bouchages des filtres et des jets, ce qui va encourager les sous dosages

10-3. Sécurité d'utilisation

Pour éviter les problèmes de toxicité liés aux contacts éventuels entre le produit et l'utilisateur (inhalation de vapeur, de poussières, contact entre le produit et la peau ou les yeux...), les produits conditionnés en sachets hydrosolubles et les granulés hydrodispersibles (exempt de poussières) semblent représenter l'avenir.

En résumé, et selon les formes de fabrication :

. PM (poudre mouillable en sacs de 1 à 25 kg) :

-Pour : emballage et forme économique à produire, emballage facile à détruire, pas de résidus.

-Contre : dégagement de poussières lors de l'ouverture des sacs et du dosage du produit, contact facilité avec les yeux et la peau d'où nécessité de porter gants, masque, combinaison...

. PM en sachets hydrosolubles :

-Pour : dosage facile, emballage carton destructible, pas de poussières, bonne sécurité pour l'utilisateur.

-Contre : bien respecter la mise en œuvre du produit dans la cuve pour faciliter la dissolution des sachets et du produit.

. SC (suspension concentrée dans un liquide) :

-Pour : facile à doser et à dissoudre.

-Contre : contraintes des emballages à rincer et à détruire, mais de nouveaux dispositifs de rinçage vont apparaître (ex : Rinçotop).

. WG (granulés hydrosolubles) :

-Pour : facile à doser, destruction rapide des emballages papier et carton, peu de poussières.

-Contre : technologie de fabrication plus difficile à maîtriser que les autres types de formulation et nettement plus chère. Dissolution inégale selon les produits et possibilité de poussières.

11 - TOXICOLOGIE et ENVIRONNEMENT

11-1- Toxicologie humaine

Le cuivre est un oligo-élément indispensable au bon fonctionnement et à la constitution des organismes vivants. Il est présent dans les organismes vivants à raison de 1 à 10 mg/kg. Le cuivre est notamment nécessaire pour l'homme et les animaux, qui doivent **absorber chaque** jour quelques milligrammes de cuivre pour assurer la formation de l'hémoglobine du sang. Les besoins en cuivre d'un adulte varient de 1,5 à 3 mg par jour.

Les carences en cuivre, rarement diagnostiquées chez l'homme se traduisent par de l'anémie, des problèmes osseux, cardiovasculaires, nerveux et de dépigmentation.

Pour les animaux, les carences en cuivre se traduisent également par des troubles osseux, nerveux et cardiaques. La ration normale pour un animal doit contenir au moins 5 à 10 mg de Cu par kg de M.S.

Lors d'une absorption accidentelle ou chronique de cuivre, l'organisme humain rejette massivement et rapidement le cuivre ingéré (90 % par voie fécale). Le cuivre, lors de son transit intestinal, est très peu assimilé. Les reins ont également une très bonne aptitude à éliminer l'excès de cuivre, ce qui empêche une accumulation dans l'organisme humain.

Le cuivre sous forme de métal est atoxique.

Il n'existe pas de maladie professionnelle dans l'industrie du cuivre. Par contre, les sels de cuivre (surtout les plus solubles), peuvent être toxiques, en raison de leur causticité (brûlant, corrosif). Les sels de cuivre sont irritants pour les yeux et les muqueuses.

L'ingestion accidentelle de sels de cuivre (5 à 15 g) provoque :

-Une inflammation du tractus (traînée) gastro-intestinal, accompagnée de douleurs, de vomissements et diarrhées.

-Une nécrose hépatique et rénale.

La dose quotidienne de cuivre acceptable, varie pour l'homme de 2 à 5 mg/kg.

La dose toxique minimum pour l'homme est proche de 120 mg/kg.

L'inhalation de sels de cuivre provoque des irritations des voies respiratoires, qui disparaissent spontanément 12 à 24 h après l'arrêt de l'exposition.

DL 50 (orale aiguë sur rat mâle adulte) : -Oxychlorure = 1 440 mg/kg.

-Sulfate = 1 000 mg/kg.

-Hydroxyde = 924 mg/kg.

11-2- Limite Maximale de Résidus autorisés ou LMR

L'arrêté du 29 septembre 2000 modifiant l'arrêté du 5 août 1992 (JO du 22/09/92) relatif aux teneurs maximales en résidus de pesticides admissibles sur ou dans certains produits d'origine végétale, qui concerne les fruits et légumes (frais, secs, cuits ou congelés), définit de nouvelles L.M.R.

En France, ces limites maximales de résidus sont de :

-15 mg/kg pour les fruits et légumes.

-1 mg/L pour les jus et les vins.

En Europe, ces tolérances de résidus de cuivre varient de 3 mg/kg (généralement pomme de terre) à 50 mg/kg, selon les produits et les pays.

En Suisse, la LMR sur le vin est de 1 mg/l pour les vins et de 5 mg/l en Allemagne.

Une directive européenne devrait harmoniser rapidement ces L.M.R. en Europe.

La LMR est de 50 mg/kg au Canada, sur raisins. Aux U.S.A. la LMR est de 0,5 mg/l pour les vins (note du 8/11/93 du Bureau des Alcools, Tabacs et Armes).

Les jus de raisins contiennent habituellement et naturellement (cuivre constitutif naturel du raisin) 0,2 à 0,4 mg/l de cuivre.

Le cuivre que l'on trouve dans le moût et dans le vin peut avoir différentes origines. Il peut s'agir, pour une part du produit du métabolisme de la vigne, et pour une autre part de résidus de traitements anti-parasitaires; ou bien de parties métalliques d'ustensiles entrés en contact avec le moût et le vin aux différents stades de la vinification.

La présence éventuelle de teneurs plus élevées de cuivre dans les vins, s'explique très souvent par les contacts avec le matériel de vinification.

Le cuivre résiduel résultant des traitements cupriques de la vigne, disparaît fortement lors de la fermentation alcoolique, et on ne constate pas de différences significatives de résidus de cuivre dans les vins issus de parcelles traitées et non traitées.

11-3- Le cuivre et le sol

A l'état naturel, le cuivre est présent dans l'écorce terrestre, en moyenne à raison de 5 mg/kg et de 13 g par m³. Cette teneur en cuivre des sols varient le plus souvent entre 1 et 40 mg/kg, mais les basaltes (roches d'origines volcaniques) contiennent 100 à 200 mg de cuivre par kg.

Certains vignobles traités au cuivre depuis 1885, peuvent contenir de 200 à 400 mg/kg. D'autres cultures que la vigne sont particulièrement tolérantes au cuivre : le maïs, l'orge, la moutarde peuvent supporter jusqu'à 400 mg de cuivre par kg de sol avec un pH neutre.

En agriculture, les fumiers, lisiers de porcs et les boues d'épuration contiennent également du cuivre. Au Danemark, on a constaté que les fumiers contiennent en moyenne 86 mg/kg de cuivre, les lisiers de porcs 265 mg/kg et les boues d'épuration 1 477 mg/kg.

En sols acides (pH<6), la solubilité du cuivre est plus élevée qu'en sols alcalins (pH>7), et cette solubilité décroît rapidement.

Les matières organiques, la composition de l'humus et l'activité microbienne sont des facteurs importants de la fixation du cuivre et diminuent donc fortement la fraction soluble.

Le cuivre même dans des sols sableux et pauvres en matières organiques reste fixé sur les couches superficielles du sol et ne migre pas en profondeur. Le cuivre n'est pas entraîné par percolation ou lessivage vers les nappes phréatiques et les couches profondes du sol.

BIBLIOGRAPHIE

AMATI A. - Université de Bologne - In Vigne et Viti - n° 5/1984.

BALDACHINO C. - 1990/1991 - Etudes sur le marquage des baies de raisins de table par les produits cupriques -Sica La Tapy.

BARBINA M.T.- Centre régional d'expérimentation agricole du Frioul - Résidus de cuivre dans le vin.

BRACCO L. - Etude de l'impact sur l'environnement de l'utilisation du cuivre en agriculture - 1992 - Caffaro spa.

CENTRE d'INFORMATION du CUIVRE - 1989 - Le cuivre et ses alliages.

CUGIER J.P. et REULET P. - 1997 - Enquête sur les résidus de produits phytosanitaires - Phytoma fév. 1997.

DUBOURDIEU D., DARRIET P., HATZIDIMITRIOU E., BOUCHILLOUX P., BUGARET Y., CLERJEAN M., POUPOT C., MEDINA P. - octobre 1996 - Incidence d'une protection viticole anticryptogamique utilisant une formulation cuprique sur le niveau de maturité des raisins et l'arôme variétal des vins de sauvignon. Journal Int. des sciences de la vigne et du vin.

FREMY D. et M. - 1997 - QUID (banque de données) - Editions Robert Laffont, Paris.

GALET P. - 1977 - Les maladies et les parasites de la vigne, tome 1- Ed. Du Paysan du Midi - Montpellier.

JUSTE C., CHASSIN P., GOMEZ A., LINERES M., MOCQUOT B. - 1995 - Les micro-polluants métalliques dans les boues urbaines résiduelles des stations d'épuration urbaines. INRA/ADEME.

MOLOT B. - 1993 - Etude de l'efficacité de différents fongicides contre le mildiou et l'oïdium de la vigne .I.T.V. Nîmes.

PHYTOMA - mai 1996 - INRA-Viti : le cuivre sent-il le soufre ? janvier 1997 - Le cuivre et les arômes.

ROUSSEAU J. -1995- Utilisation du cuivre en agriculture biologique, impact sur l'environnement et perspectives de diminution des doses employées - Ed. ITAB, Paris

(Étude réalisée pour le Ministère de l' Environnement, Direction de la Prévention de la Pollution et des Risques).

CONFERENCE 3
QUE REPROCHE-T-ON AU CUIVRE ?

UTILISATION DU CUIVRE EN VITICULTURE ET QUALITE AROMATIQUE DES VINS DE GASCOGNE

Thierry Dufourcq

ITV Midi-Pyrénées – Château de Mons - 32100 Caussens

Tel : 05 62 68 30 39

thierry.dufourcq@itvfrance.com

La recherche de la qualité dans la production des vins de Côtes de Gascogne passe par l'expression dans leur vin de qualités aromatiques indéniables évoquant les fruits tropicaux, les agrumes, le buis, généralement apportées par le cépage Colombard, le Gros Manseng, le Sauvignon. Ces composés aromatiques sont issus de la famille des thiols variétaux, c'est à dire qu'ils possèdent un atome de soufre dans leur composition. Cette fonction « -SH » (Soufre + Hydrogène) est chimiquement extrêmement réactive notamment aux phénomènes d'oxydation. Empiriquement, tout bon praticien connaît les règles qui régissent la vinification des vins blancs au bouquet « thiolé » : une vendange saine, une protection contre la dissolution d'oxygène dans le moût et les oxydations pouvant en résulter, une extraction soignée, une levure performante.

Les travaux menés par l'ITV Midi-Pyrénées sur le cépage Colombard cherchent à optimiser ce potentiel aromatique en relation avec les paramètres agronomiques ou œnologiques. Ces études sont possibles grâce au soutien financier de l'ensemble des partenaires viticoles gersois, de l'ONIVINS, du conseil général et régional et également, comme dans le cas de cette étude par une firme commercialisant des produits phytosanitaires.

L'utilisation du cuivre en viticulture remonte aux origines de la lutte contre un des ravageurs majeurs importés de l'autre continent, le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*). Il est encore, de nos jours, largement utilisé en agriculture conventionnelle ou biologique. Le cuivre est un composé chimique dont les propriétés d'action sont innombrables. On l'utilise également dans la lutte contre la nécrose bactérienne en début de campagne.

On retrouve du cuivre dans les végétaux et donc dans la vigne à l'état de trace, cet oligo-élément catalyse des réactions du métabolisme, il est à ce titre indispensable. Cependant, la réactivité de cet élément vis à vis du soufre est bien connue des chimistes. Ceci a d'ailleurs poussé les chercheurs de l'INRA de Bordeaux à s'intéresser à ces phénomènes dans les années 90 : *les composés aromatiques qui participent à la typicité du vin de Sauvignon présentent une fonction « thiol », le cuivre est employé en viticulture, donc, il y a une possibilité d'interaction entre les deux, au détriment de l'arôme du vin...* Ces recherches menées à l'INRA ont mis en évidence que la présence de cuivre dans le moût pénalisait le potentiel aromatique des vins de Sauvignon. Ils ont mis en évidence également que le cuivre ne migrerait pas dans la plante et que seule la bouillie au contact de la grappe était responsable de sa présence dans le moût.

Durant trois campagnes viticoles (2001-2003), nous avons testé, sur cépage Colombard, au château de Mons, l'incidence d'application de fongicide à base de cuivre, sur le potentiel aromatique du vin. Sur une parcelle expérimentale nous avons appliqué différentes formulations à base de cuivre, en fin de saison, de la fermeture de la grappe à véraison en respectant les délais avant récolte. Nous avons ensuite récolté les raisins à maturité et vinifié les moûts dans les mêmes conditions (durée et température de macération pelliculaire, souche de levure identique, température de fermentation contrôlée). Ensuite, des échantillons ont été envoyés à l'UMR Sciences pour l'Oenologie de l'INRA de Montpellier pour le dosage des composés aromatiques et les vins ont été dégustés par le jury « expert » gersois avec lequel nous travaillons depuis plus de 5 ans sur les arômes du Colombard et des Manseng.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

- les vins de Colombard qui présentent la plus grande quantité de cuivre dans le moût sont les moins aromatiques ;
- la quantité de cuivre présente dans le moût est fonction de la quantité de cuivre appliquée à la vigne ;
- le potentiel aromatique des vins est fortement pénalisé avec des quantités même faibles de cuivre. Ainsi, dès 4 mg/l dans le moût, on perd plus de 60% de la quantité d'arôme de type thiol par rapport au témoin non traité au cuivre (figure 1). Si en « année fortement aromatique » (par exemple 2002), il restera suffisamment d'arômes, cela peut devenir extrêmement préjudiciable en année moins favorable.

Dans ce contexte, il s'agit de bien considérer que dans la chaîne complexe de fabrication qui conduit le raisin à produire un vin aromatique, le facteur cuivre est un élément important au même titre que la qualité sanitaire des raisins et la protection contre l'oxydation. Il serait dommage de faire, à la vigne, tous les efforts que demande le Colombard pour maîtriser sa générosité, et laisser en route un potentiel que tout le monde recherche et que beaucoup commencent à nous envier.

A partir de ce constat, de l'acquisition de ces connaissances, il s'agit de raisonner l'emploi de spécialités à base de cuivre par rapport à la recherche de la qualité aromatique des vins.

Tout d'abord, l'arôme du vin ne se résume pas simplement à la fraction « thiol variétal ». Certains cépages en sont très riches et leur typicité y trouve leur origine : en Gascogne, nous avons le Colombard, les Manseng, le Sauvignon. D'autres cépages n'en possèdent pas, c'est le cas de l'Ugni-Blanc dont l'expression aromatique est principalement due aux esters libérés pendant la fermentation, c'est le cas également du Chardonnay.

Sur les cépages considérés, il s'agit de limiter la présence de cuivre dans le moût (< à 2 mg/l), pour cela il est préférable de cesser toute application dès la fermeture de la grappe.

Dans les cas où l'utilisation du cuivre est nécessaire (viticulture biologique), il faut alors limiter les apports de fin de saison à la zone des feuilles (haut de la végétation), limiter la concentration de matière active, et préférer des produits moins lessivables.

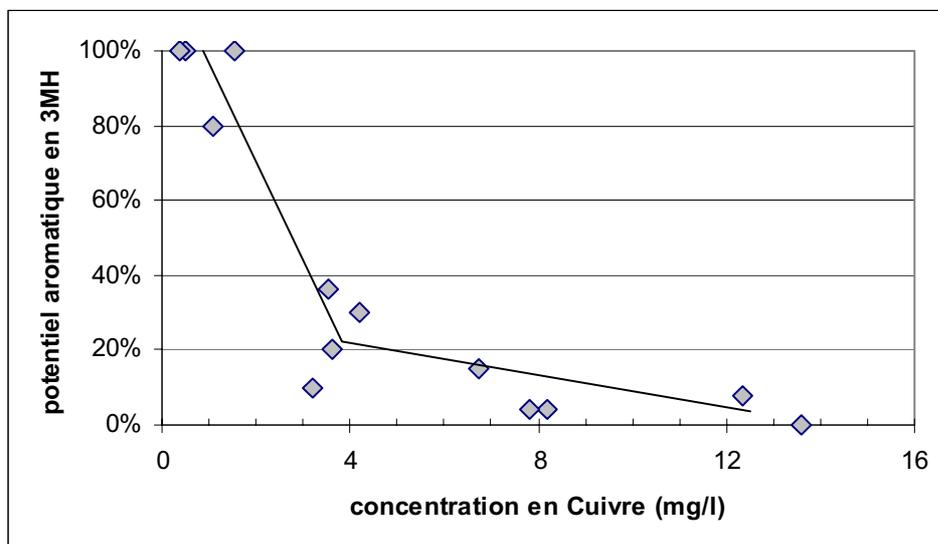


Figure 1 : potentiel aromatique des vins de Colombar sur 3 millésimes (exprimé par le pourcentage de 3Mercapto-Hexanol, arôme responsable des notes agrumes et fruits exotiques) en fonction de la concentration en cuivre présente dans le moût au moment de la récolte.

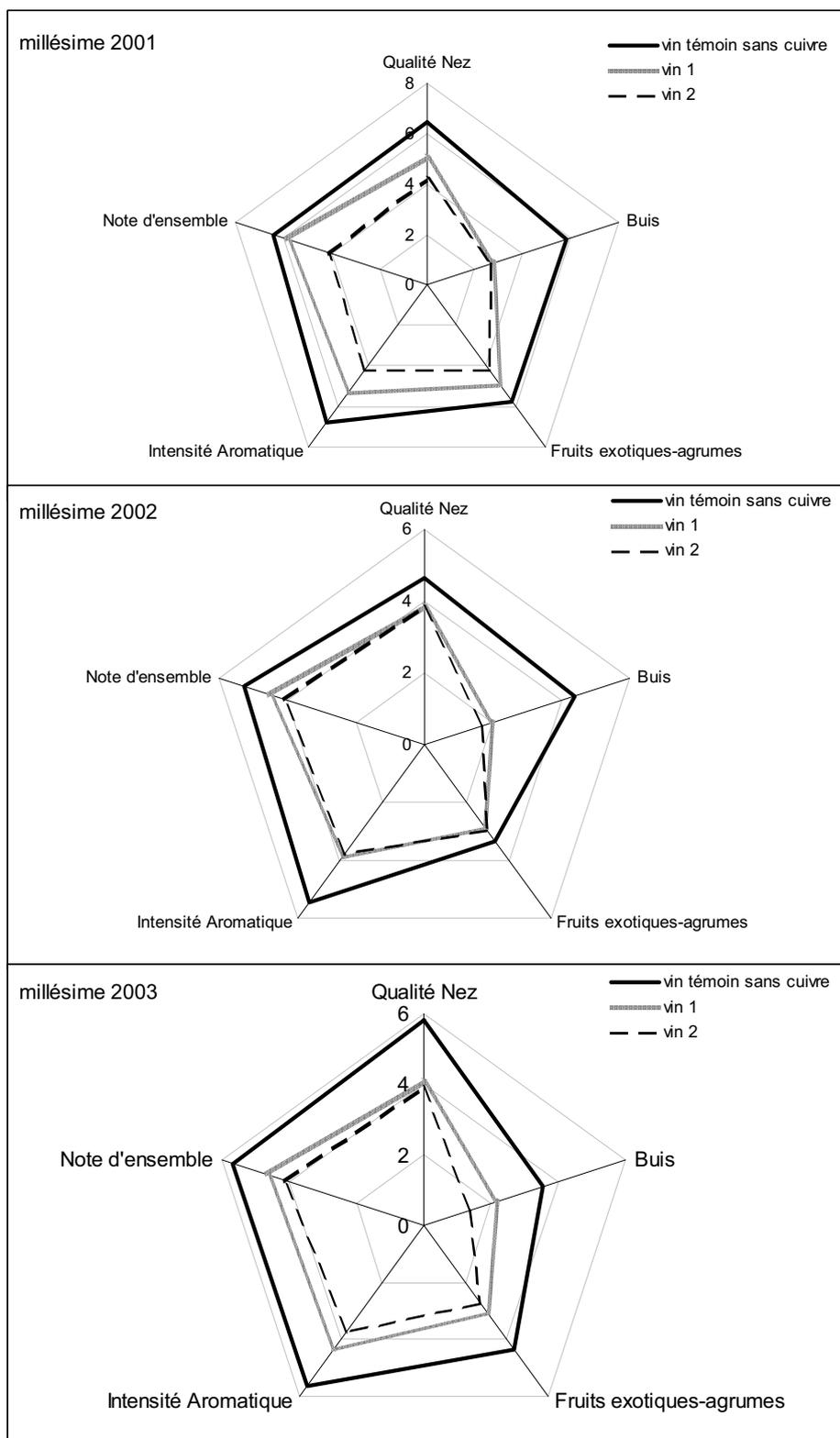


Figure 2 : perception aromatique du jury « expert » gersois lors de la dégustation des vins de Colombar millésimes 2001, 2002 et 2003 ; les vins 1 et 2 sont issus des placettes traitées avec des spécialités à base de cuivre.

CONFERENCE 4

COMMENT REDUIRE LES DOSES DE CUIVRE ?

REDUCTION DES APPORTS CUPRIQUES EN VITICULTURE BIOLOGIQUE ETUDE DU LESSIVAGE FOLIAIRE SOUS SIMULATEUR DE PLUIE

Bernard MOLOT

Unité ITV France de Nîmes/Rodilhan

Domaine de Donadille - 30230 RODILHAN - ☎ : 04.66.20.67.00 - Fax : 04.66.20.67.09

Projet 2 02 23BM

1) OBJECTIFS ET HISTORIQUE

Ces travaux, débutés en 2001 à la demande de la Commission Technique de l'ITAB visent d'une part à définir des modalités de renouvellement d'une protection cuprique vis à vis de *Plasmopara viticola* ceci en vue de minimiser les apports et donc l'accumulation de ce métal dans les sols et d'autre part à quantifier l'efficacité de doses réduites de cuivre. Le fongicide retenu

(HELIOCUIVRE : hydroxyde de cuivre + dérivés terpéniques) apportait à sa dose alors homologuée 1600g/ha de cuivre. La campagne 2001 ayant montré l'intérêt de doses nettement inférieures (sous réserve de respecter un certain seuil de pluie), ce produit a été dans le contexte 2002 utilisé à des doses de 1600, 800, 600 et 400 g/ha de Cu renouvelées en fonction de la pluviométrie ou de la vitesse de croissance. Parallèlement des capteurs ont été disposés en début d'essai et prélevés après différents épisodes pluvieux pour mesurer le cuivre présent et donc estimer la lessivabilité des différentes modalités.

La faible pression de mildiou en 2002 n'a pas permis de valider l'efficacité biologique des différentes doses mais a confirmé que la pleine dose (1600g Cu /ha, renouvelés tous les 30mm) générait une accumulation de cuivre sur les capteurs, contrairement aux doses de 600 et 800g/ha (renouvelées tous les 20mm), la dose de 400g/ha semblant apparemment lessivée par seulement 10mm de pluie.

En 2003 de nouvelles doses d'homologation ont été délivrées aux fongicides Hélicuivre (1200g. Cu/ha au lieu de 1600) et Bouillie Bordelaise RSR Disperss (1500g. Cu/ha au lieu de 2400). Ces nouvelles doses ont servi de base à une étude comparative d'efficacité au champ ainsi qu'à une étude du lessivage sous simulateur de pluie, ce dispositif permettant de s'affranchir des précipitations naturelles par trop aléatoires.

2). PROTOCOLE EXPERIMENTAL DE L'ESSAI D'EFFICACITE PRATIQUE

- Cépage : Merlot,
- Plantation : 2.5 m x 1 m, soit une densité théorique de 4000 pieds/ha.
- Mode de conduite : cordon bilatéral avec 3 niveaux de fils : 1 porteur, 2 releveurs.
- Dispositif à 4 blocs, parcelles élémentaires de 10 ceps.
- Traitements par appareil STIHL SR 400 pneumatique à dos, face par face de 62 à 150l/ha
- Essai installé à côté d'une station de brumisation en vue d'une contamination naturelle par proximité.

Le renouvellement des différents traitements se fait en fonction du cumul de pluie ou, en l'absence de pluie, si plus de 20 cm de végétation nouvelle sont présents.

Tableau I : Modalités étudiées

N°	Produits	Dose/ha	Cu/ha/tt en g	Matière active	Renouvellement si
1	HELIOCUIVRE	1.5	600	Hydroxyde de Cu	Pluie>20mm
2	HELIOCUIVRE	1.5	600	Hydroxyde de Cu	Pluie>30mm
3	HELIOCUIVRE	3.0	1200	Hydroxyde de Cu	Pluie>30mm
4	HELIOCUIVRE	3.75L	1500	Hydroxyde de Cu	Pluie>30mm
5	BB RSR Disperss	7.5 KG	1500	Sulfate de Cu	Pluie>30mm
6	SERENADE	5.0L	0	<i>Bacillus subtilis</i>	Pluie>20mm

Tableau II : Apports annuels de cuivre par hectare des 5 traitements réalisés

	Apports reels	apports theoriques
1 heliocuivre 600	2838	2850
2 heliocuivre 600	2754	2850
3 heliocuivre 1200	5664	5700
4 heliocuivre 1500(*)	7245 (**)	7125
5 bb rsr disperss 1500	6870 (**)	7125

(*) Cette dose supérieure à celle homologuée -et donc interdite- sert de comparatif à la BB RSR

(**) Incompatible avec la future réglementation AB

2.1) – Observations et résultats

2.1.1) Efficacité biologique :

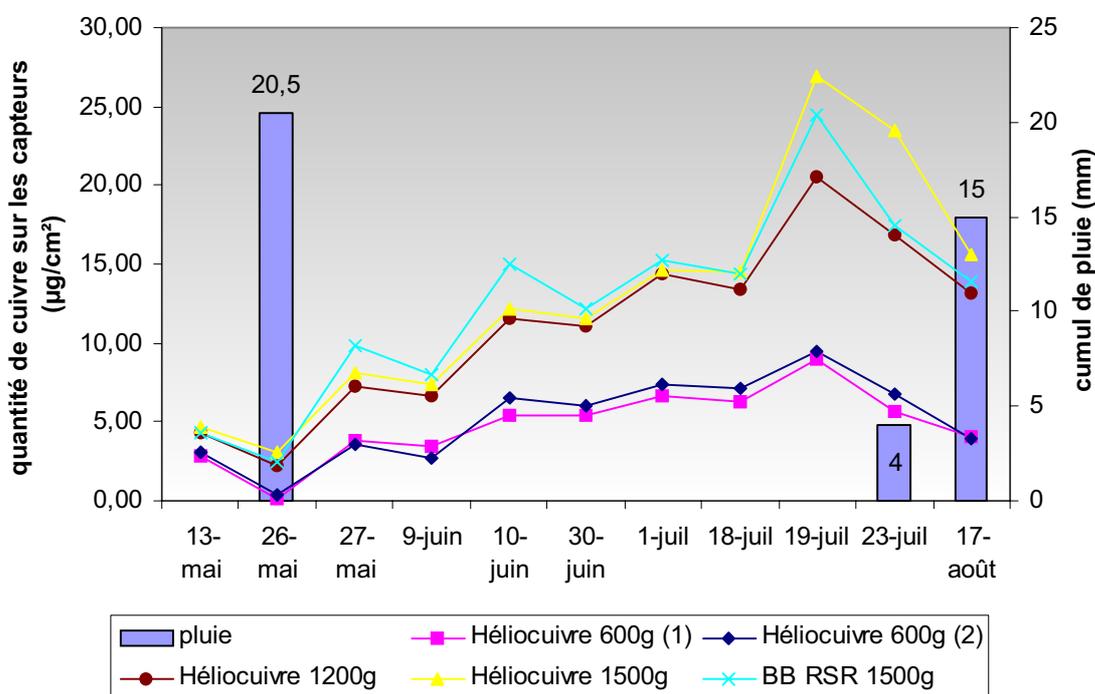
Les conditions météorologiques de mai à août ont empêché toute installation significative de la maladie bien qu'une contamination artificielle ait été réalisée en fin floraison et que l'essai jouxte un autre essai mildiou sous brumisation. Aucune conclusion ne peut donc être tirée en termes d'efficacité au champ des différentes modalités.

2.1.2) Evolution des quantités de cuivre sur capteurs : cf figure 1

Les très faibles précipitations présentes en 2003 entraînent logiquement une accumulation de cuivre sur l'ensemble des capteurs, toutes modalités comprises. Les modalités 600g/ha sont statistiquement différentes des autres modalités. Les niveaux présents sont comparables à ceux observés en 2002, année également peu pluvieuse.

Le cumul fin mai de 20.5mm, obtenu en 2 pluies, entraîne apparemment un lessivage important des modalités à 600g/ha tandis que celles à 1200 et 1500 semblent mieux résister. Les pluies de 4 et 15mm en fin d'essai génèrent des lessivages comparables malgré des intensités pourtant très différentes (5mm/h pour la première contre 45mm/h pour la seconde). Ces observations, bien que trop rares par rapport aux objectifs de l'essai, confirment cependant les constats de 2001 et 2002. Dans ces conditions Héliocuivre à 1500 et 1200g/ha et BB RSR Disperss à 1500g/ha ne se différencient pas.

Figure 1 : Quantité de cuivre présente sur les capteurs en 2203



3). ETUDE SOUS SIMULATEUR DE PLUIE

Le but de cette étude est de mesurer :

- l'impact de différentes hauteurs de pluie
- le rôle de l'intensité de la pluie,
- le rôle du délai entre traitement et événement pluvieux
- une éventuelle différence entre Hélioivre et BB RSR Disperss,
- la connaissance de ces critères devant permettre de mieux raisonner le renouvellement ou non d'une protection cuprique.

Le protocole visant également à définir des processus fiables et aisément répétables pour aboutir à un test standard de résistance au lessivage, les essais n'ont porté que sur les feuilles.

3.1.) Taille de l'échantillon et méthode de pulvérisation :

Les dosages de cuivre sur des feuilles de même âge prélevées dans l'essai au champ ont mis en évidence une variabilité très importante. Sur 50 feuilles la précision relative au risque alpha 0.05 était de 15.4%, soit pour une précision visée de 5% un échantillonnage théorique de 470 feuilles par modalité. Cette variabilité étant directement liée à la pulvérisation pneumatique à dos, il a été décidé de réaliser les applications à l'aide d'une tour de Potter, un échantillon de 10 feuilles suffisant alors à obtenir une précision relative inférieure à 10%. Parallèlement des dosages de cuivre sur lots de 50 feuilles ont permis de corréliser dose/ha et dépôts de cuivre par cm² de feuille. La concentration des bouillies utilisées dans la tour de Potter a donc pu être calculée en vue d'obtenir des dépôts comparables à ceux observés au champ. Il faut toutefois préciser que pour un dépôt identique en quantité, le spectre de pulvérisation est totalement

différent de celui généré par un pulvérisateur pneumatique, la tour de Potter produisant des gouttelettes beaucoup plus fines.

Pulvérisation et lessivage sont réalisées exclusivement sur la face supérieure des feuilles, pour rester en cohérence avec la réalité, 15% maximum du produit étant présent en face inférieure (Résultats de C. Vernet, ITV Montpellier).

La pulvérisation est faite feuille par feuille, celles-ci étant disposées horizontalement. Les feuilles sont rapidement séchées puis disposées sur un grillage incliné à 45°, sous le simulateur de pluie.

3.2) Simulateur de pluie :

Développé par J. ASSELINE (1)(2), l'appareil utilise un bras oscillant doté d'un gicleur alimenté à pression constante (0.55 bar). Le dispositif est installé à 3.5m de hauteur sur une structure métallique pyramidale. Le débit du gicleur étant constant, hauteur et intensité de pluie sont définies par la vitesse d'oscillation. La zone de mesure est limitée à une surface de 1 m², située à la verticale du diffuseur.

Hauteur et intensité sont pilotées automatiquement par un logiciel, un dispositif de récupération des eaux permet de vérifier la quantité émise.

Diamètre des gouttes, hauteur de chute et pression assurent aux gouttes émises des caractéristiques (notamment énergie cinétique) statistiquement représentatives des pluies naturelles. La principale limite du système est qu'une augmentation de l'intensité de pluie se traduira par un cycle d'oscillation plus court sans modification de la taille des gouttes, ce qui n'est pas forcément le cas dans la nature. Le dispositif est donc en théorie davantage adapté à une comparaison de hauteurs de pluie plutôt qu'à leur intensité. (L'émission de gouttes plus représentatives d'un orage violent est toutefois parfaitement possible mais nécessite de recalibrer l'appareil et de refaire une étude d'homogénéité de pulvérisation...)

3.3) Comparaison entre pluies naturelle et simulée :

Suite à une pluie de 4mm et d'intensité de 5mm/h le 23/07/03, la perte en cuivre des capteurs a pu être mesurée et comparée à celle provoquée par une pluie artificielle de 4mm/h et d'intensité 15mm/h (minimum permis par le simulateur).

Résultats : cf tableau III

La variabilité due à la pulvérisation pneumatique à dos entraîne une variabilité trop importante (CV>50%) et l'ADV à 2 facteurs n'est pas interprétable. Les pertes en cuivre sont cependant suffisamment proches pour autoriser l'extrapolation des résultats simulés aux conditions naturelles.

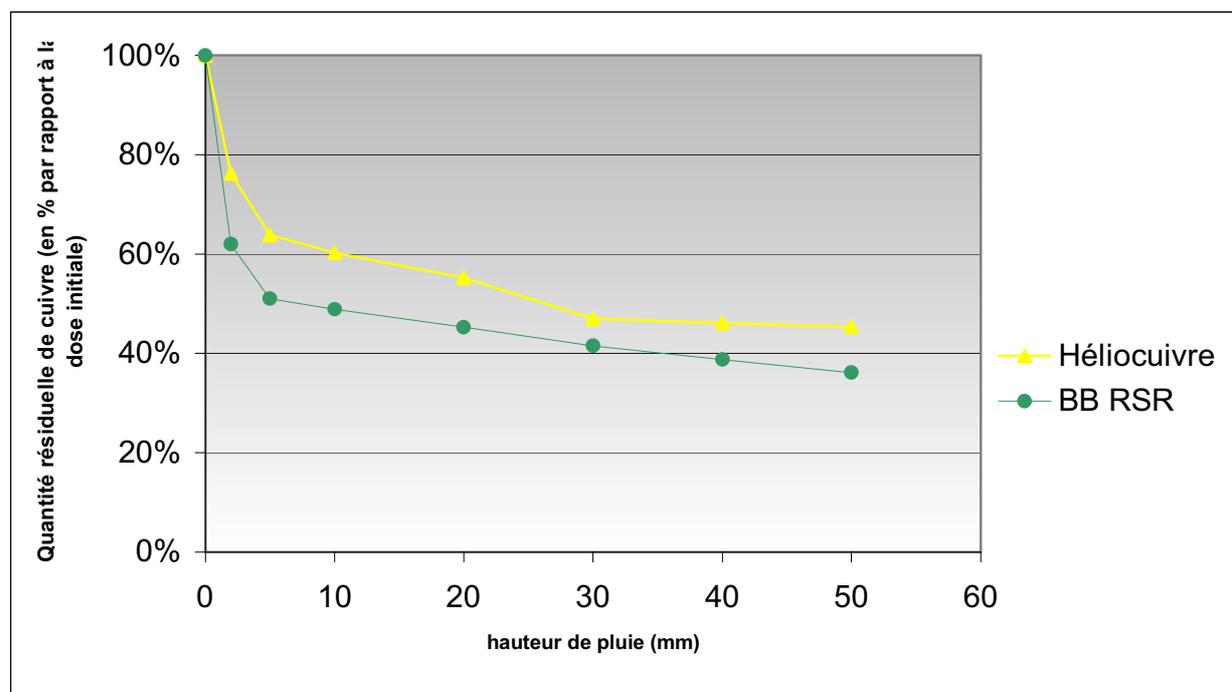
Tableau III : Pertes en cuivre des capteurs selon l'origine de la pluie

PLUIE	Héliocuvivre 600	Héliocuvivre 600	Héliocuvivre 1200	Héliocuvivre 1500	BB RSR Disp. 1500
	29.3%	42.7%	22.3%	12.8%	30.4%
	26.6%	27.2%	23.5%	8.1%	18.1%
	26.0%	19.6%	29.6%	15.5%	21.7%
	33.8%	25.4%	7.3%	15.2%	43.2%
Moyenne :	28.9%	28.7%	20.7	12.9	28.4
SIMULATEUR	Héliocuvivre 600	Héliocuvivre 600	Héliocuvivre 1200	Héliocuvivre 1500	BB RSR Disp. 1500
	2.9%	18.5%	27.5%	10%	23.8%
	27.5%	24.4%	31.4%	6.8%	27.2%
	23.4%	18.9%	6.5%	10.3%	14%
	29.1%	15.1%	9.2%	11.4%	15.7%
Moyenne :	20.7%	19.2%	18.6	9.6%	20.2%

3.4) Effet de la hauteur d'eau sur le lessivage d'Héliocuvivre et de BB RSR Dispers

2 séries de 20 feuilles sont pulvérisées avec Héliocuvivre ou BB RSR en vue d'obtenir un dépôt de cuivre de 2.6 µg/cm², correspondant à une dose de 1500g/ha de cuivre métal. Sur chaque série 10 feuilles sont analysées après lessivage et 10 sans lessivage. Il y a 2 répétitions pour chaque modalité dose et 2 répétitions pour chaque hauteur de pluie. Les hauteurs de pluie vont de 0 à 60mm.

Figure 2 : Résistance au lessivage des 2 formulations à 1500g Cu/ha



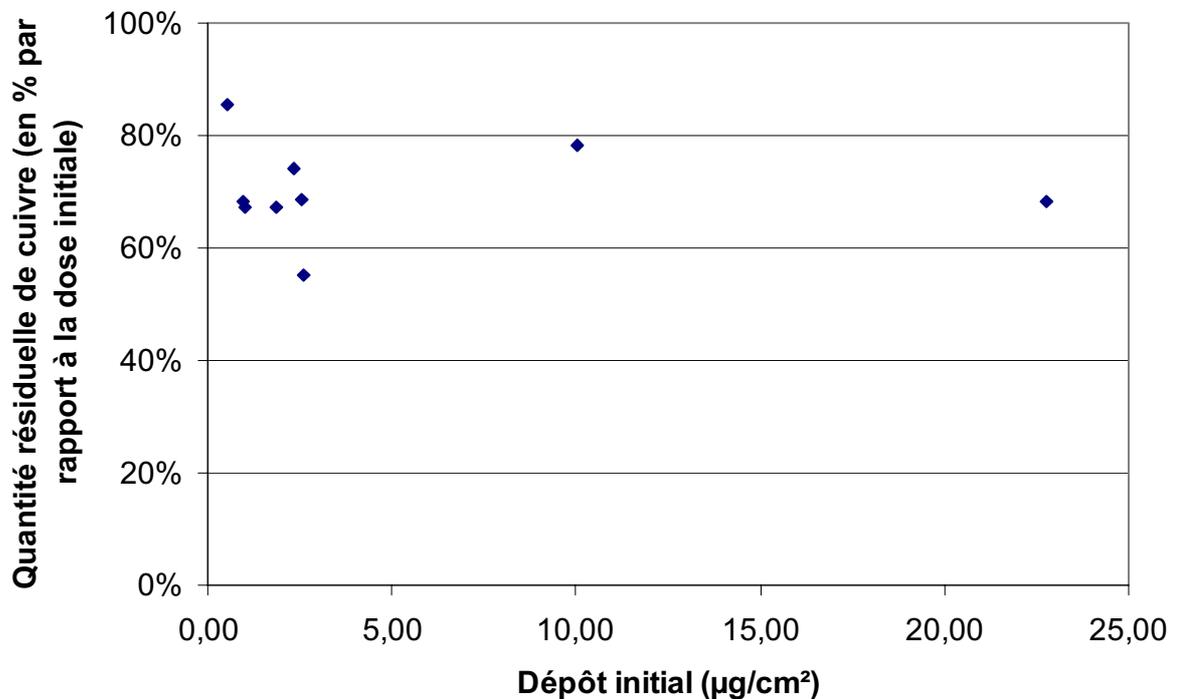
Une légère différence de résistance au lessivage est observable. Le cuivre restant sur le feuillage est statistiquement plus important dans la modalité Hélicuivre et ceci pour 6 hauteurs de pluie sur les 7 expérimentées.

Le lessivage le plus important est causé par les premiers millimètres, la perte de cuivre allant ainsi de 25 à 40% dès 2mm de pluie. A partir de 5 mm le taux de cuivre résiduel diminue beaucoup plus lentement pour se stabiliser vers un palier d'environ 40% de la dose initiale.

3.5) Relations entre doses d'emploi et lessivage :

Le comportement de différentes doses d'Hélicuivre (dose homologuée 1200g/ha de Cu, 1500 et 600 ainsi que 5 et 10 fois la dose homologuée) a été étudié face à une pluie simulée de 5mm pour une intensité de 35mm/h.

Figure 3 : Effet de la dose initiale pour un lessivage de 5mm

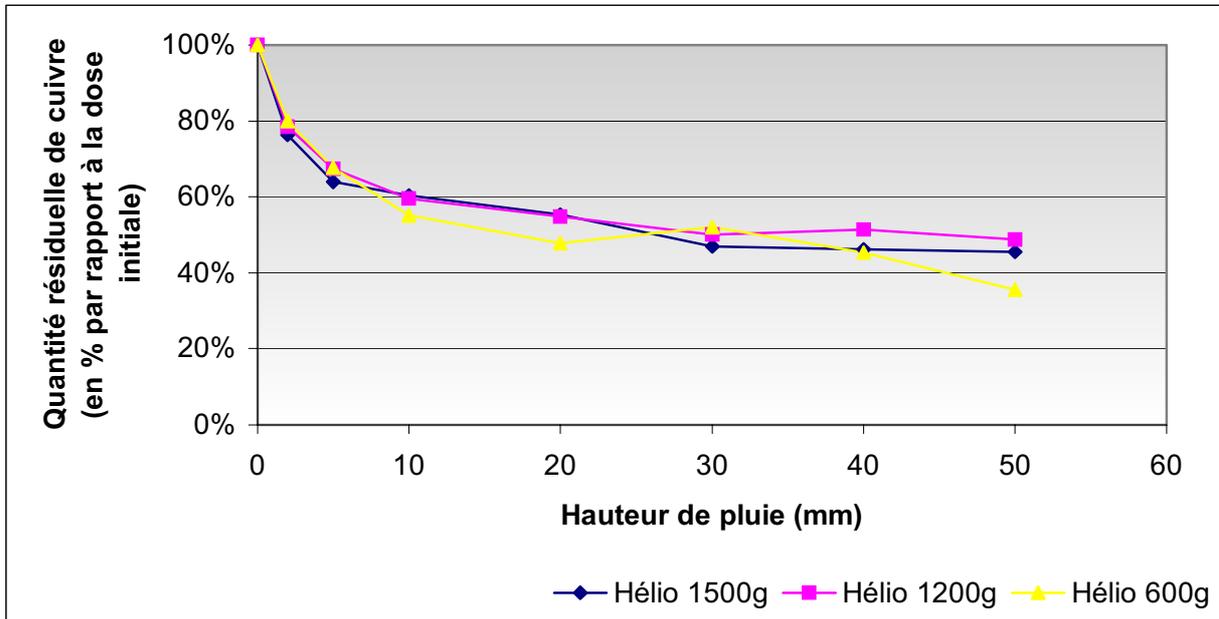


La figure 3 montre qu'il n'y a pas d'effet de la dose initiale sur le pourcentage de perte en cuivre, y compris pour des doses de 5 et 10 fois la dose homologuée. Les tests statistiques (corrélation Spearman et test de Student) sont non significatifs.

La figure 4 qui illustre l'effet de différentes hauteurs d'eau (de 2 à 50mm sous une même intensité de 35 mm/h) sur différentes doses d'Hélicuivre confirme cette observation.

La dose initiale est donc sans effet sur le taux de perte par lessivage.

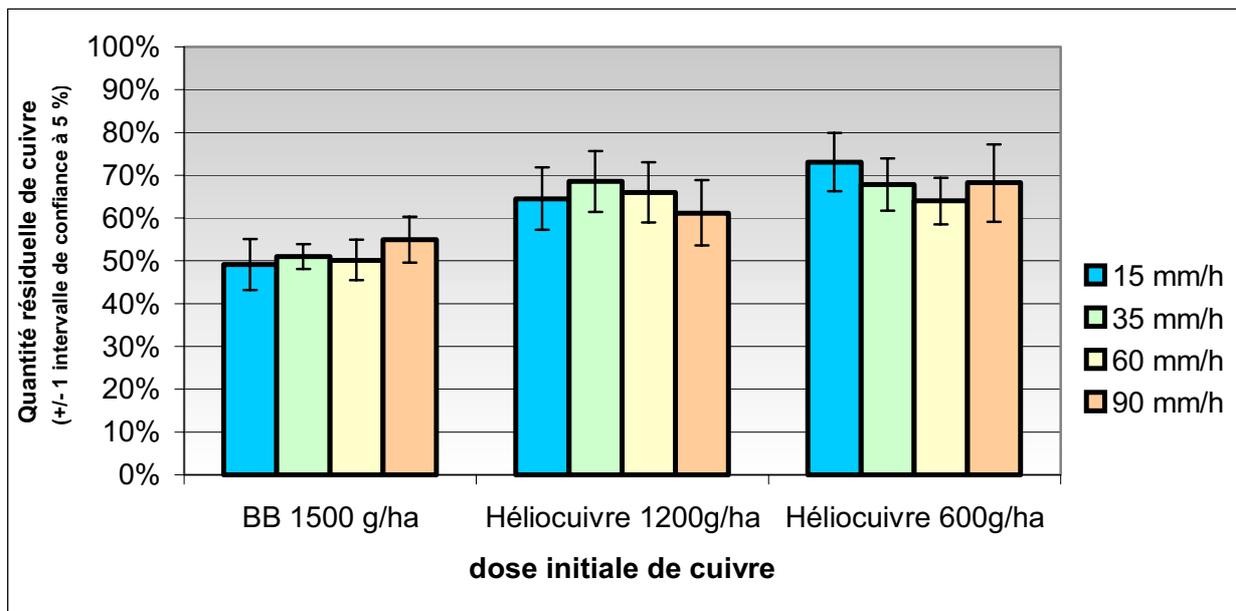
Figure 4 : Cuivre résiduel selon dose initiale et hauteur d'eau



3.6) Rôle de l'intensité de pluie :

Une pluie simulée de 5mm, sous des intensités de 15, 35, 60 et 90mm/h a été appliquée sur les modalités BB RSR 1500g/ha et Hélio cuivre 1200 et 600g/ha.

Figure 5 : Rôle de l'intensité de pluie sur le lessivage

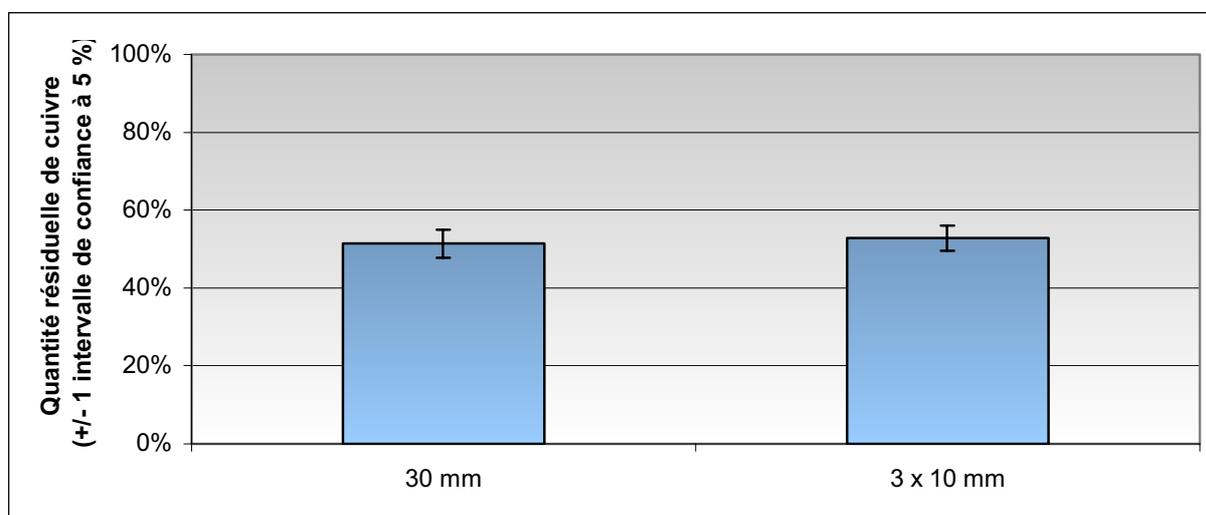


Résultats : au vu de la figure 5, l'intensité de la pluie n'a pas d'influence sur le lessivage des produits utilisés. Les tests statistiques (ADV) confirment ce constat mais également le fait que la BB RSR Disperss est statistiquement plus sensible au lessivage que l'Héliocuvire.

3.7) Effet de la répartition des pluies

2 séries de 30 feuilles sont traitées avec Héliocuvire sous tour de Potter et sont exposées l'une à 30mm en continu, l'autre à 3 pluies successives de 10 mm. (Avec séchage intermédiaire³ au sèche-cheveux), l'intensité étant de 35mm/h dans les 2 cas. La figure 6 montre clairement l'absence de différence entre 30 mm et 3x10 mm. Le critère du cumul de pluie pour le renouvellement ou non de la protection ne semble donc pas devoir être remis en cause.

Figure 6 : Effet de la répartition des pluies

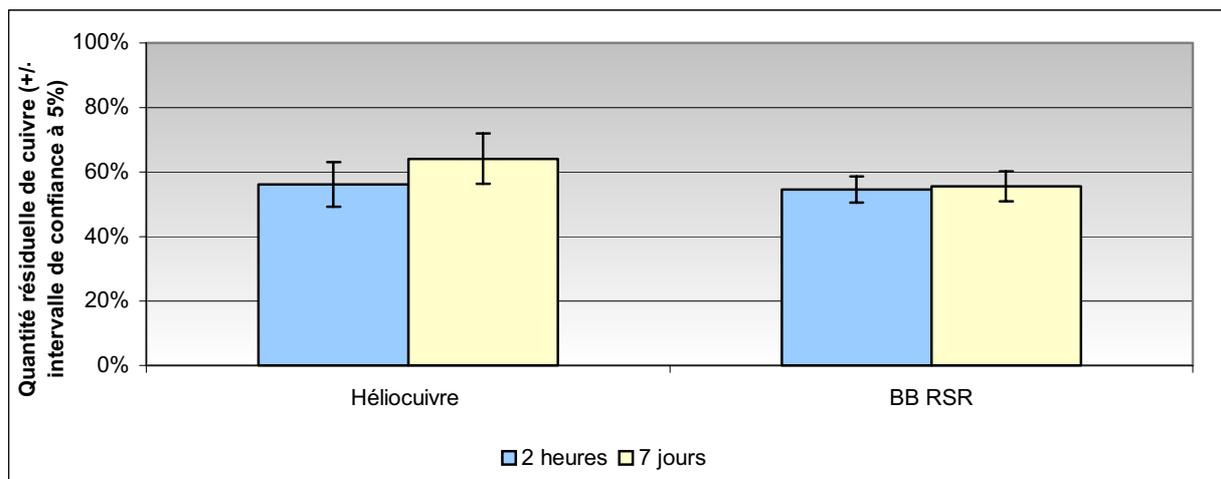


3.8) Effet de l'intervalle de temps entre traitement et lessivage

Les feuilles ne pouvant, pour cette étude, être traitées sous tour de Potter, le traitement a été réalisé avec un pulvérisateur de jardin (jet projeté) à la limite du ruissellement et en utilisant la dose/hl (dose/ha dans 1000l d'eau). Les 2 produits Héliocuvire et BB RSR Disperss ont été mis en comparaison à leur dose homologuée.

120 feuilles par produit ont été traitées et marquées. 60 sont prélevées 2 heures après traitement et 30 d'entre elles sont soumises à une pluie simulée de 5 mm (I=35mm/h). La même opération a lieu 7 jours plus tard.

Figure 7 : Effet d'une même pluie selon le délai après traitement



La figure 7 montre qu'il n'y a pas de différence selon que la pluie survient 2 heures après le traitement ou 7 jours. Le taux de lessivage est du même ordre que celui observé après une pulvérisation sous tour de Potter. Les 2 produits ont par contre un taux de perte identique, contrairement avec ce qui avait été observé précédemment après une pulvérisation sous tour de Potter ; il est vraisemblable que la pulvérisation manuelle génère une variabilité des dépôts qui masque les différences observées dans les tests *in vitro* .

Les tests statistiques confirment la double absence d'effet délai et produit.

Un délai de 7 jours entre traitement et pluie est donc sans effet sur la tenue au lessivage de l'Hélicouivre et de la BB RSR Disperss.

3.9) Modélisation du lessivage :

A partir des nombreuses données enregistrées un modèle théorique de lessivage peut être calculé. Le schéma retenu est celui proposé par Weatley (3) qui décrit une perte initiale importante et rapide puis diminuant graduellement. L'équation est de type :

$$R(H) = aH^{-m} + b$$

R(H) : quantité résiduelle de cuivre

H : hauteur de pluie

m, a, b : coefficients dépendant du pesticide et de la plante

Les équations théoriques ainsi obtenues sont les suivantes :

Hélicouivre : $R(H) = 0.8502 \times H^{-0.24} + 0.1063$ avec une corrélation de 0.9957

BB RSR Disperss : $R(H) = 0.7229 \times H^{-0.35} + 0.1693$ avec une corrélation de 0.9743.

Les corrélations obtenues sont illustrées par les figures 8 et 9.

Figure 8 : Héliocuvivre : lessivage observé et calculé

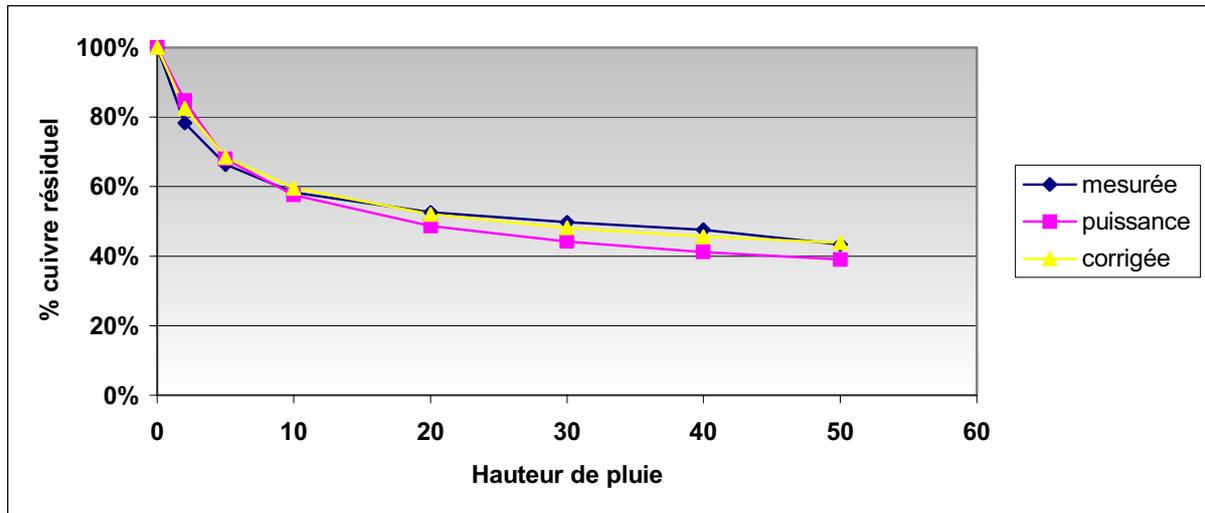
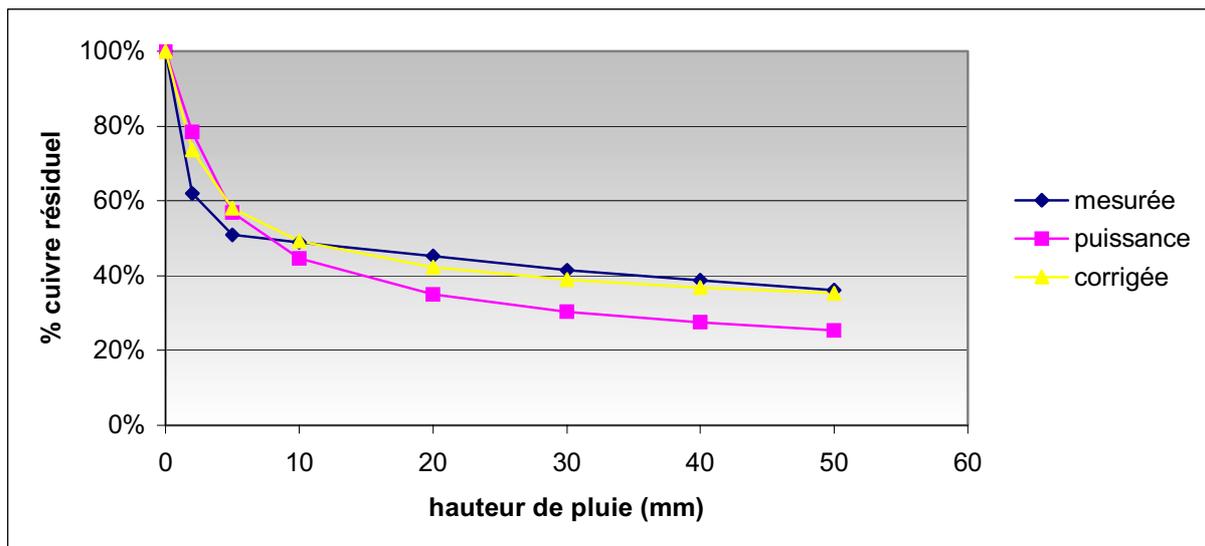


Figure 9 : BB RSR Disperss : lessivage observé et calculé

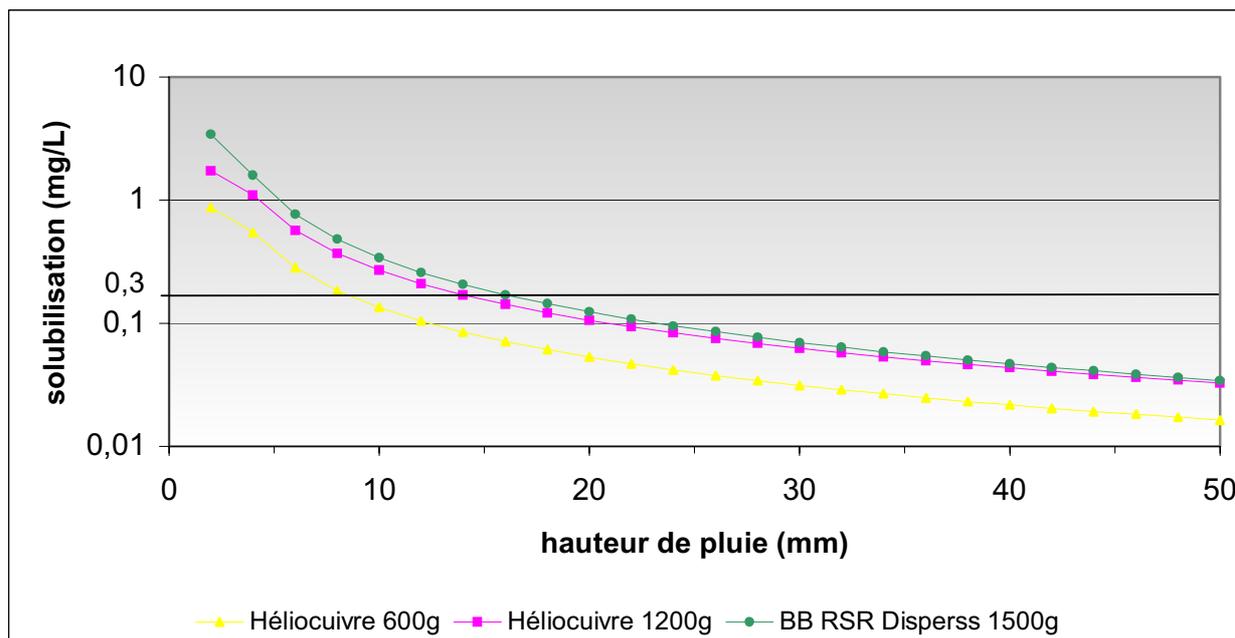


4.0) Approche théorique du seuil de renouvellement selon la dose :

Les données simulées permettent également de calculer une teneur théorique en cuivre des eaux de lessivage. La courbe de solubilisation ainsi obtenue est présentée en **figure 10**.

Les CI50 du cuivre se situant, selon les auteurs, entre 0.1 et 0.3 mg/L, l'Héliocuvivre utilisé à la dose de 1.5l/ha (soit 600g de Cu) ne permettrait plus –en théorie- une teneur suffisante en cuivre à partir de 15 mm de pluie. Le même raisonnement appliqué à l'Héliocuvivre et à la BB RSR à pleines doses fait ressortir un seuil de renouvellement situé aux environs de 25mm, cohérent donc avec les préconisations habituelles.

Figure 10 : Solubilisation théorique du cuivre et seuils de renouvellement



5) CONCLUSIONS

- Le cumul de pluie reste le principal facteur explicatif du lessivage des produits cupriques étudiés (Hélio cuivre et BB RSR Disperss) et donc le seul critère de renouvellement ou non d'une protection cuprique.
- Les autres critères étudiés, répartition des pluies pour un même cumul, intensité de la pluie ou délai entre traitement et pluie se révèlent sans effet sur le lessivage.
- A dose égale l'Hélio cuivre est –légèrement- plus résistant au lessivage que la BB RSR Disperss.
- Les 5 premiers mm de pluie sont ceux générant le plus de pertes, le taux de lessivage diminuant très rapidement au-delà.
- Environ 40% de la dose initiale reste non lessivable y compris après 50mm de pluie.
- La perte de cuivre est de nature hyperbolique.
- La majeure partie du cuivre étant trop rapidement solubilisée, la mise au point de formulations libérant beaucoup plus progressivement le cuivre est à privilégier.
- La modélisation du lessivage de l'Hélio cuivre permet de penser que le seuil de renouvellement est de 15 à 20 mm pour la dose de 1.5L/ha mais l'absence de mildiou en 2003 n'a pas permis une validation dans la pratique.

6) BIBLIOGRAPHIE :

- (1) : **ASSELIN J. & VALENTIN C.** 1978. Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. *Cah. ORSTOM XV(4)*, 321-349
- (2) : **ASSELIN J.** 1997. Le simulateur de pluie type ORSTOM adapté aux zones arides. *Bull. Réseau Erosion*, 17, 272-281
- (3) : **WEATLEY H.G.** 1973. Pesticides in the atmosphere. In Edwards CA (ed) Environmental pollution by pesticides. Plenum press, New York

ADAPTER LES PRODUITS AUX NOUVELLES EXIGENCES REGLEMENTAIRES ET ENVIRONNEMENTALES

V. DREZE ET B. TOMBU

Nufarm s.a., 28 Boulevard Camélinat-B.P.75 - 92233 Gennevilliers Cedex - France

RESUME

Les fabricants de produits de protection des cultures développent et mettent sur le marché, à la disposition des agriculteurs (en Agriculture Biologique ou Conventiionnelle), des spécialités qui répondent à des exigences réglementaires strictes. Ces exigences constituent des garanties de qualité, d'efficacité et de sécurité pour l'agriculteur, le consommateur et pour l'environnement. En ce qui concerne le cuivre – avec le soufre, fongicide de base en Agriculture Biologique – la préoccupation majeure tient à son accumulation et à ses effets sur l'environnement.

Bien avant les dispositions visant à limiter les apports de cuivre en Agriculture Biologique, les fabricants se sont attachés à réduire de manière significative les doses de cuivre homologuées à l'hectare : de 5 à 1.2 kg de cuivre/ha en 30 ans. Ce sont les évolutions des formulations des produits cupriques qui ont permis ces réductions de doses, tout en maintenant une efficacité satisfaisante sur les maladies ciblées. Ceci a été rendu possible en agissant, par exemple, sur les formes de sels de cuivre utilisées (Bouillie Bordelaise, hydroxyde, oxychlorure, oxyde,...), ou encore, sur les modes de fabrication (processus industriel, micronisation, co-formulants,...), qui sont des facteurs influençant l'efficacité des produits cupriques (capacité à libérer l'ion cuivre, pouvoir couvrant, résistance au lessivage...).

La première partie de l'exposé oral illustre les différents aspects ayant permis ces réductions de doses et conclut sur les questions que doit se poser un vigneron en Agriculture Biologique avant d'entreprendre des réductions de doses de cuivre :

- Qualité de la pulvérisation,
- Positionnement des traitements,
- Caractéristiques de l'exploitation,
- Acceptation d'un niveau de dommages aux cultures acceptable.

La seconde partie renseigne sur les principaux résultats des études qui ont été fournies par la «Task-Force Cuivre Européenne» dans le cadre du programme de révision des substances actives autorisées au niveau européen. D'ores et déjà, il apparaît que le risque pour l'homme (agriculteur et/ou consommateur) consécutif à des expositions répétées de cuivre est faible et que, par ailleurs, bien que très présent dans les sols, le cuivre est très peu bio-disponible pour les organismes présents dans l'environnement et ce du fait de sa complexation aux complexes argilo-humiques.

MOTS CLES

Cuivre - Fongicide – Développement – Europe – Réglementation.

CONFERENCE 5
QUELLES ALTERNATIVES A L'USAGE DU CUIVRE?

PROPRIETE DES PREPARATIONS A BASE D'ARGILES: L'EXPERIENCE SUISSE

Tamm L., Fuchs J.G., Böger N., Mühletaler L., Amsler A., Levite D. & Häseli, A.

Research Institute of Organic Agriculture, Frick Switzerland

En Suisse pour lutter contre *P. viticola* les préparations à base d'argile comme Myco-San, Myco-Sin, Ulmasud sont utilisées comme substituants du cuivre.

La pratique a montré l'effet potentiel de ces préparations, et différentes stratégies d'application existent.

La mise en oeuvre des produits argileux peut conduire aussi à des réactions de phytotoxicités dépendant des stratégies d'application, de la concentration d'utilisation, et des cépages.

Dans cette étude nous nous attacherons à comparer différentes stratégies d'application avec et sans cuivre, et nous examinerons les principes actifs et les effets de ces préparations à base d'argile. De plus, nous observerons les facteurs environnementaux qui influencent les effets de ces préparations, comme les précipitations.

Introduction

La lutte contre le mildiou de la vigne cause de grands problèmes en viticulture biologique. Ce point est d'autant plus pertinent que les hautes doses de cuivre utilisées par le passé sont maintenant limitées à 3-4 kg /ha /an en Allemagne, en Autriche et en Suisse.

Le cuivre a été par le passé très fréquemment utilisé en agrobiologie pour la protection des plantes contre diverses maladies. Le cuivre accumulé au sol a fait l'objet de différentes polémiques (Rousseau 1995).

La discussion sur l'écotoxicité du cuivre dans le sol et dans les eaux a conduit l'U.E à réguler les intrants de cuivre à au maximum 8kg / ha et par an jusqu'au 31.12.2005, dans la mesure où aucune autre restriction nationale n'est en vigueur.

Jusqu'au 31.12.2006, la quantité de cuivre sera limitée à 6kg /ha /an (règlement EU 2092/91).

A côté des formulations contenant du cuivre, on a à disposition des produits à base d'argile pour lutter contre *P. viticola*. Les produits Ulmasud B de la maison Biofa Agrar GmbH ainsi que Myco Sin[®] et Myco San[®] de la maison Gebrüder Schaeffe KG sont disponibles sur le marché.

L'efficacité des produits argileux contre *P. viticola* a été évaluée avec des jugements très différents selon les auteurs. Häseli (1995), dans une évaluation en pleins champs de l'efficacité de la préparation Myco San[®] comparée à des produits contenant du cuivre et du soufre, concluait que ces produits constituaient une alternative intéressante contre le mildiou. L'efficacité d'Ulmasud contre cette maladie s'est avérée bonne dans des conditions de pression de maladie moyenne à faible, mais, dans des essais avec des conditions de pression sévères, ce produit a montré des efficacités moindres que Myco-San.

En Suisse, ces produits argileux sont largement utilisés dans la pratique (Tamm, 1999).

En Allemagne, les argiles ont prouvé une bonne efficacité et de ce fait sont utilisés par de nombreux viticulteurs (Hofmann, 2002; Kauer et al., 2002).

Des expériences moins satisfaisantes ont été réalisées en France. Des essais concernant l'effet fongicide des algamatholithes (Ulmasud, Myco Sin[®]) obtenus entre 1991 et 1993 en Languedoc et en Bourgogne ont montré des effets insuffisants. Suite de ces résultats, les viticulteurs français sont restés plutôt réticents à employer ces produits.

En fin de compte, ce qui est important dans la pratique, c'est de mettre à la disposition de la plante un ensemble de stratégies permettant d'assurer une protection globale optimale. On peut également observer dans la pratique certaines stratégies de protection des plantes mettant en œuvre de hautes quantités de cuivre (France, Italie) et d'autres proposant des programmes visant l'abandon de ce métal.

Les différentes expériences concernant l'effet de ces produits argileux ont toujours été difficiles à interpréter. Les différentes formulations, les techniques d'applications des produits et aussi la grande disparité de la pression des maladies fongiques selon les situations climatiques peuvent être les facteurs responsables de la haute variabilité des résultats. Hofmann (1998) a entre autre précisé que les conditions d'emploi optimum de ces produits devaient encore faire l'objet de recherches approfondies: techniques et dates d'application, formulation et composante des adjuvants.

Afin d'optimiser les produits argileux comme substituant au cuivre, nous avons procédé à un ensemble de mesures physico-chimiques afin de séparer les principes actifs. Cette connaissance nous a permis de mieux différencier les interactions entre l'hôte et le pathogène.

Dans notre étude, nous avons, (i) comparé différentes stratégies de protection de plantes, (ii) testé différentes formulations, (iii) identifié à l'aide d'un « *marqueur* » les principes actifs, et enfin (IV) mesuré l'influence du lessivage causé par le régime des pluies sur l'activité biologique des produits.

Matériel et méthode

Les produits argileux Myco San[®] et Myco Sin[®] : La maison « Gebrüder Schaette GmbH » (D-Bad Waldsee) ont mis à disposition les produits originaux Myco San[®] et Myco Sin[®] dont la formule est unique. Myco-Sin contient 65 % d'argile sulfurée, avec de la silice, des composants de levures, des extraits de prêle spécialement préparés ainsi que d'autres additifs. Myco-San contient 50 % d'argile sulfurée, de la silice, des levures et des extraits de prêle spécialement préparés, avec en plus 41 % de soufre mouillable.

Pour les essais de comparaison des produits, les quantités relatives de l'argile et du soufre du produits Myco San[®] ont été respectées (argile 5 g, soufre 4.6 g).

Comme dose de référence pour les formules originales de Myco San[®] et de Myco Sin[®], on a utilisé une bouillie contenant 1.0 % Myco San[®] respectivement 0.77 % Myco Sin[®].

Technique d'application: Des essais réalisés au laboratoire, des rondelles de feuilles ont été traitées avec les solutions à tester au moyen d'un spray pour chromatographie. Pour les essais réalisés aux champs, les traitements ont été effectués au moyen d'un pulvérisateur pneumatique. Les plantes étaient traitées jusqu'au point de ruissellement

Essai sur rondelles de feuilles: Au laboratoire, des essais sur des rondelles de feuilles ont été menés. Le matériel foliaire provenait soit de semis de chasselas obtenus sous conditions contrôlées, soit des échantillons de feuilles prélevés au vignoble le matin et placés en chambre climatisées à 18 °C en attente d'inoculation.

Les sporanges de *P. viticola* provenaient de l'Institut de Viticulture de Freiburg en Briscau (D) et de la Sté Syngenta (CH-Stein). Des rondelles d'un diamètre 22 mm étaient prélevées de chaque feuille de vigne et disposée en boîte de Pétri contenant de la gélose à l'eau (AGAR No.1, OXOID LTD.) Ces rondelles de feuilles étaient ensuite inoculées avec 25 µl d'une suspension de sporanges contenant 30000 sporanges/ml, puis incubées pendant 5 à 7 jours. Les rondelles

étaient évaluées après 4, 6 et 8 jours d'incubation. parallèlement, des échantillons de feuilles ont été récoltés pour être analysés quand à leur teneur en ions Al^{3+} . Ces échantillons ont été congelés jusqu'à leur analyse.

Détermination du dosage des ions Al^{3+} : Pour l'analyse des solutions argileuses et des extraits de feuilles, le test « Nanocolor Aluminium 02 de Macherey-Nagel pour analyse aqueuse photométrique » (Article Nr: 91802) a été utilisé (set de réactifs pour l'analyse de l'aluminium en forme modifiée, échelle de mesure 0.01-1.00 ppm de ions Al^{3+}). Le principe de la méthode repose sur le fait que les ions Al^{3+} en solution faiblement acide forment avec l'Eriochromcyanin R un complexe de couleur rouge-violet. La détermination de l'absorption est réalisée avec un spectrophotomètre Lambda1 (Perkin-Elmer) à une longueur d'onde $\lambda=540$ nm.

Essai aux champs: Les essais aux champs ont été réalisés les parcelles « screening I C & B) du FiBL à Frick (Canton d'Argovie, Suisse. Orientation 47° 31'N, 08° 1.5'E. Altitude 375m). Le cépage de ces parcelles est le Müller-Thurgau (5BB). L'essai est organisé en en blocs complètement randomisés avec chaque fois 4 ou 9 répétitions. Les dates de traitement ont été définies avec l'aide d'une station météo de prévision des infections (Lufft HP-100). Pour la comparaison des différentes stratégies de protection de plante, les traitements étaient réalisés selon les usages de la pratique suivant les conditions météorologiques et le développement de l'épidémie. Les comptages ont été réalisés deux à trois fois suivant le développement de l'épidémie. Les observations ont eu lieu en général de juillet à août. L'intensité des attaques de *P. viticola* et de *U. necator* a été due au déroulement naturel de l'épidémie. Les traitements pour les tests des produits étaient renouvelés après chaque pluie de plus 25 mm et de toute façon, au minimum toutefois une semaine après le dernier traitement.

Résultats et discussion

Entre 1997 et 2003, différentes stratégies de protection des plantes ont été comparées. Les stratégies avec emploi de cuivre ainsi que des variantes intégrant des formulations sans cuivre faisaient parties de ce testage (Tableau 1). Toutes ces stratégies sont en ce moment couramment utilisées en Suisse. Le site de Frick présentait des conditions de sévérité d'infections de mildiou (surface foliaire détruite) pouvant aller de 10-15 % en année normale, jusqu'à 50 % en année difficile (Fig.1).

Toutes les stratégies testées contre *P. viticola* et *U. necator* ont permis une bonne maîtrise de ces maladies. D'autre part aucune variante de l'ensemble de ces stratégies testées n'a montré clairement une supériorité en terme d'efficacité. On a cependant observé dans certain cas, lors des alternances de stratégie : argile / cuivre, une augmentation de la phytotoxicité. C'est pour cette raison que l'on recommande dans la pratique un changement de produit qu'après au moins 15mm de précipitations. En 1999 aucune comparaison entre des stratégies de traitement alternatives n'a été testée. En effet, dans cette année extrêmement difficile du point de vue des maladies fongiques, aucune préparation n'aurait pu apporter une efficacité suffisante ; nous avons pu constater entre autre, que dans la pratique, des quantités de cuivre plus élevées, correspondant parfois à 6 kg /ha /an avaient été utilisées ; malgré ces hautes quantités, des dommages avec des pertes importantes ont pu être constatées.

Entre 1998 et 2003, les produits Myco Sin und Myco San ont régulièrement fait l'objet de testages en comparaison avec une variante de référence correspondant à 0.05 % de cuivre, dose représentant le standard autorisé de 6 kg/ha /an (Fig2). Les argiles ont montré un niveau de protection relativement bon dans une zone testage soumise à des conditions de pression de maladie forte ; cependant, le niveau d'efficacité des hautes doses de cuivre allant jusqu'à 6 kg /ha, doses non autorisées en Suisse, n'a pas pu être atteint.

La tendance de phytotoxicité des variantes avec Myco San[®] était plus importante que celle après le traitement avec Myco Sin[®] + soufre. L'argile seul ne cause pas de résidus visibles sur

les feuilles, alors que de légères traces sont visibles après un traitement au Myco Sin[®]. Les dépôts de traitement les plus importants est laissé par les traitements avec du soufre « Stulln » respectivement avec le Myco San[®] ainsi que le Myco Sin[®]+ soufre « Stulln ».

Tableau 1: Stratégies de protection de la vigne contre *Plasmopara viticola* et *Uncinula necator* avec les valeurs indicatives pour les doses par ha et application. Pour comparer les différentes stratégies, les concentrations des matières actives étaient constantes et la quantité de bouillie chaque fois adaptée à la surface foliaire.

Stratégies	Avant fleur	Pleine floraison	Après floraison	Véraison
Stratégie intégrant Myco-San	Myco-San (3-4 kg/ha) Thiovit (2-3kg/ha)	Oxychlorure de Cu (Cuivre métal 0.4-0.6 kg/ha) + Thiovit (2-4 kg/ha)	Myco-San (8-10 kg/ha) Thiovit (2-3kg/ha)	Oxychlorure de Cu (Cuivre métal 0.8 kg/ha) + Fenicur (5L/ha)
Stratégie intégrant Myco-Sin	Myco-Sin (2-4 kg/ha) Thiovit (3-5kg/ha)	Oxychlorure de Cu (Cuivre métal 0.4-0.6 kg/ha) + Thiovit (2-4 kg/ha)	Myco-Sin (6-8 kg/ha) Thiovit (4-6kg/ha)	Oxychlorure de Cu (Cuivre métal 0.8 kg/ha) + Fenicur (5L/ha)
Myco-San	Myco-San (3-4 kg/ha) Thiovit (2-3kg/ha)	Myco-San (4-6 kg/ha) Thiovit (2-3kg/ha)	Myco-San (8-10 kg/ha) Thiovit (2-3kg/ha)	Myco-San (8-10 kg/ha)
Myco-Sin	Myco-Sin (3-4 kg/ha) Thiovit (3-5kg/ha)	Myco-Sin (4-6 kg/ha) Thiovit (3-5kg/ha)	Myco-Sin (6-8 kg/ha) Thiovit (3-5kg/ha)	Myco-Sin (6-8 kg/ha) Thiovit (2-3kg/ha)
Cuivre + Thiovit	Oxychlorure de Cu (Cu métal 0.150-0.200 kg/ha)+ Thiovit (2-3kg/ha)	Oxychlorure de Cu 0.250 kg/ha)+ Thiovit (2-4kg/ha)	Oxychlorure de Cu 0.250 kg/ha)+ Thiovit (3-5kg/ha)	Oxychlorure de Cu 300 kg/ha)+ Fenicur (5L/ha)

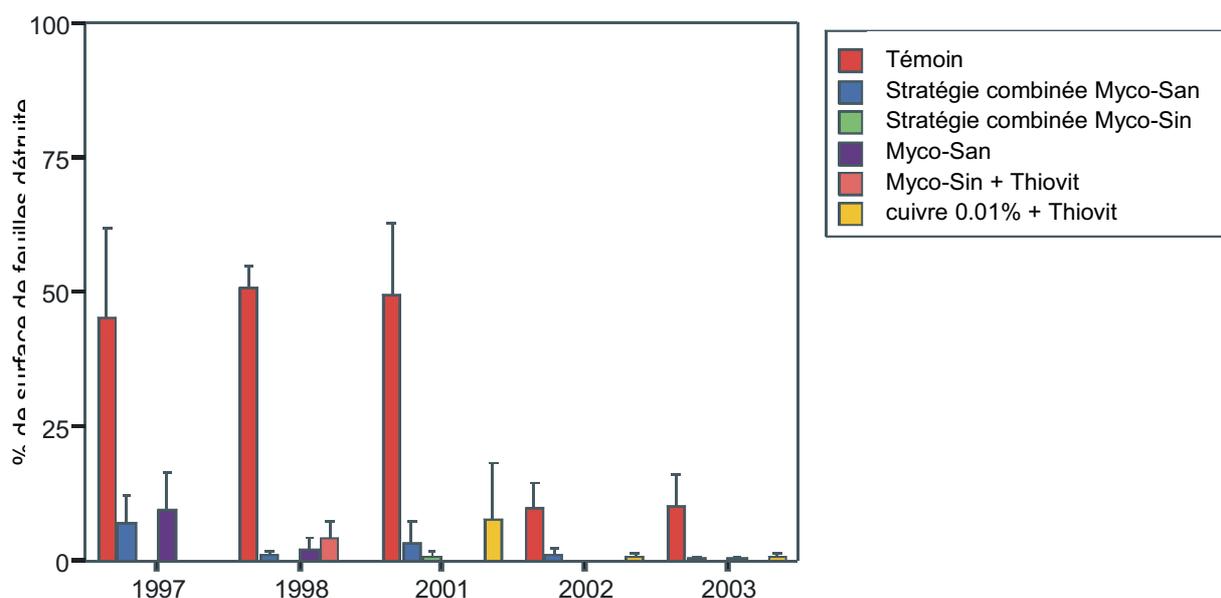


Fig. 1: Comparaison de différentes stratégies de protection de la vigne contre *Plasmopara viticola* sur le site de Frick 1997-2003. La concentration de la matière active référence (Myco-San 1 %) a été maintenue comme principe actif durant toutes les saisons ainsi que les système d'application des bouillies sur les feuilles. Les applications ont été conformes et ont été fidèles à la pratique.

Les histogrammes représentent la valeur moyenne (avec l'écart standard) des 4 fois 9 répétitions.

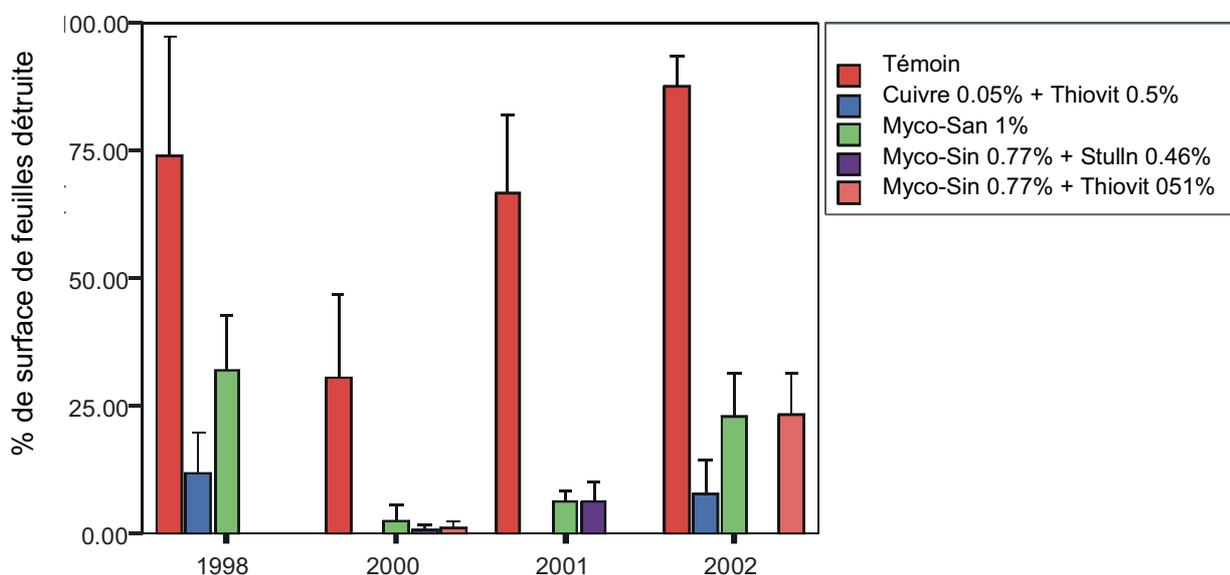


Fig. 2 : Influence de produits argileux sur les attaques de *P. viticola* sur Müller-Thurgau avec un rythme d'application hebdomadaire. La concentration de la matière active (Myco-San 1 %) a été maintenue constante pendant toute la saison, la quantité de bouillie étant adaptée à la masse

foliaire. Les histogrammes représentent la valeur moyenne (avec l'écart standard) de chaque fois 9 répétitions.

Les produits de protection des plantes en règle générale renferment une ou plusieurs substances actives et additives. Le composant principal des produits Myco San[®] et Myco Sin[®] est une argile soufrée acidifiée. Il est ainsi naturel de chercher les mécanismes d'actions du côté de cette argile soufrée acidifiée et de considérer les autres composants comme des additifs. Dans la formulation du Myco San[®], les substances actives argile acidifiée et soufre « Stulln » représente 96 % du produit. Le Myco Sin[®] contient 65 % d'argile acidifiée, les 35 % restant étant composés d'additifs.

Il y a jusqu'à présent pas d'étude qui a pu déterminer de manière évidente le principe actif de ces argiles. Cependant à plusieurs reprises, une hypothèse a été soutenue qui soupçonne que les argiles acidifiées libèrent en solution aqueuse des ions Al^{3+} produisant un effet fongicide. En outre, on a parlé d'une action d'induction de résistance, cette piste n'étant cependant pas explorée dans ce présent travail de recherches. Dans cette étude, l'aptitude des ions Al^{3+} à représenter un marqueur du principe actif a été étudiée. Les études montrent que les ions Al^{3+} dans la bouillie dépendent du dosage du produit, et que, lors d'une réhumidification de la feuille après séchage du dépôt de traitement, les ions Al^{3+} sont à nouveau libérés (Fig. 3).

L'activité biologique du dépôt de traitement est étroitement corrélée avec la disponibilité des ions Al^{3+} : les attaques des feuilles par *P. viticola* ont été complètement inhibées à partir d'une concentration d'aluminium supérieure à environ 0.2 microgramme/cm².

Lors d'un essai de comparaison effectué sur rondelles de feuilles, on a montré que Myco Sin et Myco San, étaient capables de garantir une protection totale contre *P. viticola* à partir d'une concentration de 10 % de la dose recommandée. Entre 1 et 10 %, l'efficacité de protection diminue fortement, Myco San et Myco Sin + soufre ayant toutefois une meilleure efficacité que Myco Sin seul ou l'argile seul (non assuré statistiquement, Fig 4).

D'autres études ont montré que les additifs de Myco Sin n'ont pas d'effets, et que ceux de Myco San n'ont eu qu'un faible effet sur les attaques de *P. viticola* (données non présentées). C'est ainsi que l'effet observé au champ devrait être principalement dû à l'action de l'argile.

Dans cette étude, différents facteurs pouvant influencer la disponibilité des ions Al^{3+} ont été testés. Les additifs n'ont pas eu d'influence sur la disponibilité des ions Al^{3+} dans la solution. De même, la dureté de l'eau et la valeur du pH ou le pouvoir tampon de la solution n'ont eu aucune influence sur la disponibilité des ions Al^{3+} .

Dans les conditions des champs, les observations faites sont semblables à celles réalisées au laboratoire: Des dosages variant de 50 % à 200 % de la dose recommandée montrent une très bonne efficacité, alors que des sous-dosages inférieurs à 50 % de la dose recommandée conduisent à des pertes d'efficacité manifestes (Fig. 5).

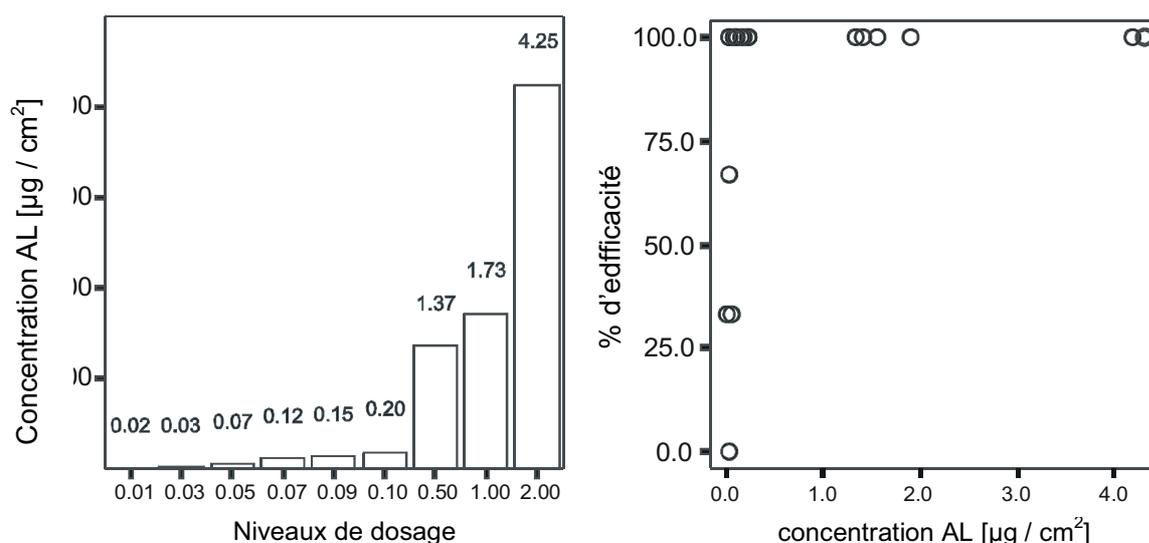


Fig. 3 à gauche: Influence de différentes concentrations de Myco Sin® en solution sur la concentration d'ions Al³⁺ sur des disques de feuilles (µg/cm²).

A droite : influence de la concentration des ions Al³⁺ sur l'infection de *P. viticola* observés sur des rondelles de feuilles. Valeur de la dose de référence usuelle 1.00 : 5g/l d'argile et respectivement 4.6g/l de soufre « Stulln ».

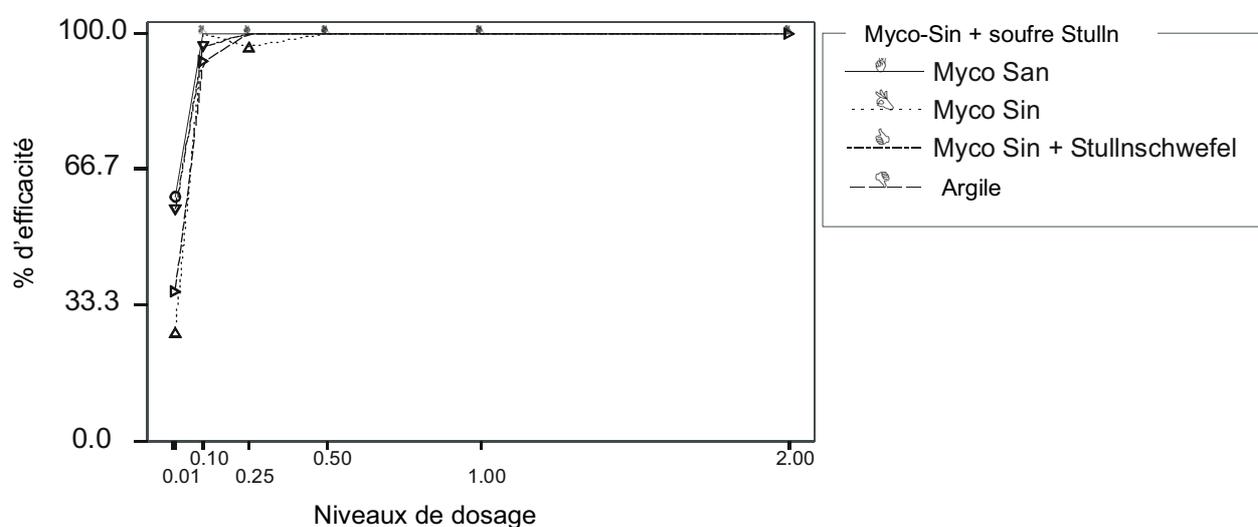


Fig 4. Influence, en conditions contrôlées, de la formulation et du dosage de Myco San®, Myco Sin® et Myco Sin® + soufre 'Stulln' sur *P. viticola*.

Valeur de la dose de référence usuelle 1.00 : 5g /l d'argile et respectivement 4.6g/l de soufre « Stulln ».

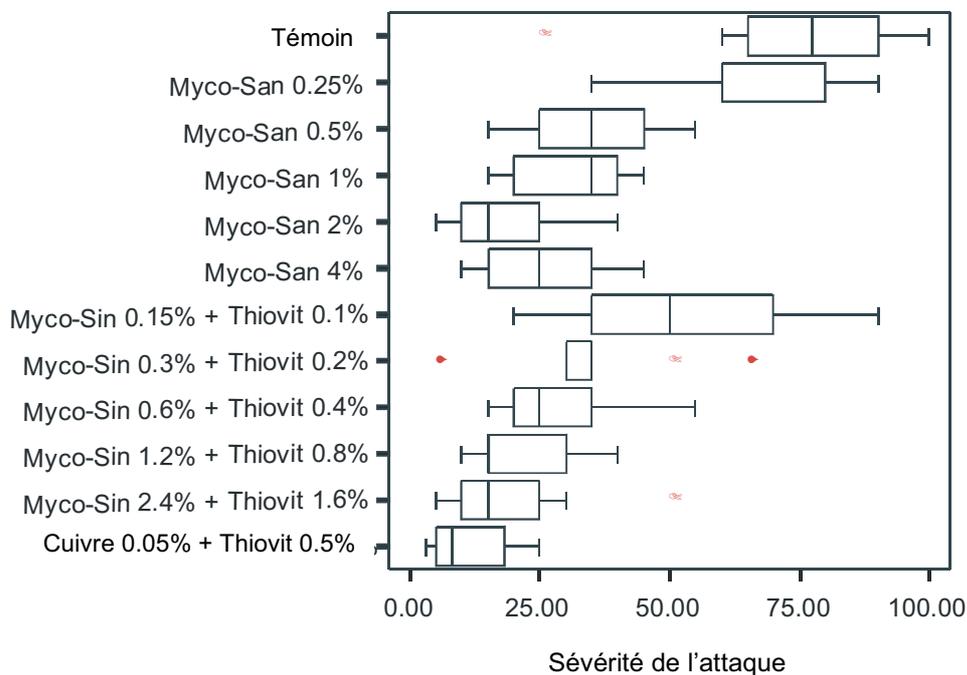


Fig 5. Influence de différents niveaux de dosage de Myco San[®], Myco Sin[®] et Myco Sin[®] + soufre 'Stulln' sur l'attaque de la vigne par *P. viticola* en conditions pleins champs. Chaque box représente les valeurs des 9 répétitions.

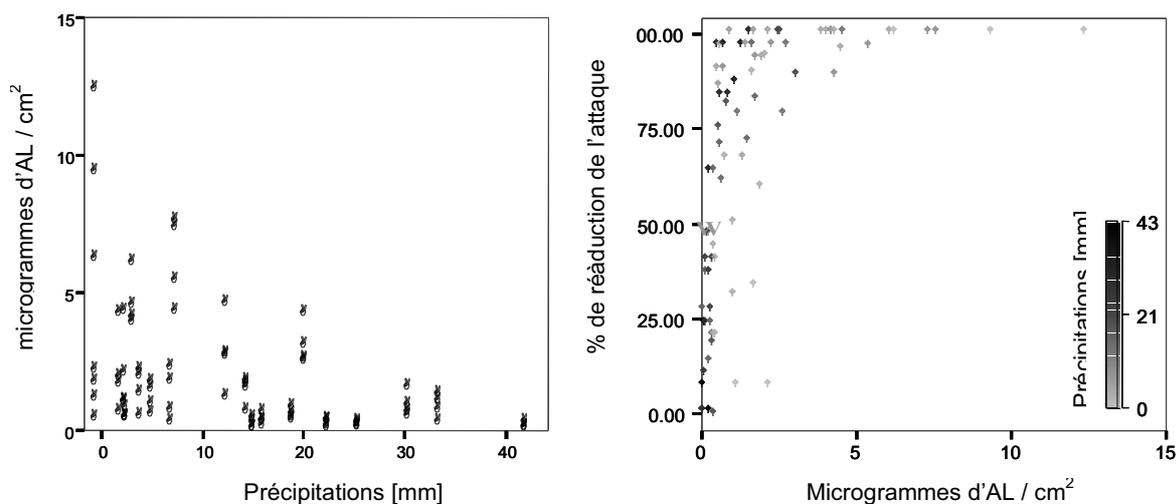


Fig. 6 : à gauche: disponibilité des ions Al^{3+} pour des traitements de Myco Sin effectués aux champs en rapport avec le lessivage des pluies.

A droite: Corrélation entre la disponibilité des ions Al^{3+} et la réduction des dommages causés par *P. viticola* (exprimée en effet gradient) par rapport à une variante non traitée.

L'étude menée sur les effets du lessivage a été réalisée en 1999. Sur des feuilles prélevées aux champs et ayant été exposées à diverses quantités de précipitations, les quantités d'ions Al^{3+} mesurés allaient de « non détectables » à (dans un cas) $38 \mu g/cm^2$. Aussi après de faibles précipitations, une extrême haute variabilité des échantillons de feuilles quant à leurs teneurs en ions Al^{3+} a été observée. Ceci n'est pas à imputer à la méthode de mesure, mais est bien au contraire le résultat de la distribution non homogène du produit de traitement. Ces données confirment que le gradient d'efficacité est étroitement corrélé avec le dépôt d'aluminium sur la feuille. Lors d'une concentration d'ions Al^{3+} supérieure à $2 \mu g/cm^2$ de surface de feuilles, des niveaux d'efficacité de plus de 75 % ont été atteints, alors que tandis que le niveau d'efficacité chute rapidement lorsque l'on se situe en-dessous de $2 \mu g/cm^2$.

Les présentes études confirment d'une part que les préparations argileuses Myco-San et Myco-Sin sont efficaces pour la lutte contre *P. viticola*, même si l'on constate une efficacité tendancielle inférieure à celle du cuivre. Les baisses d'efficacité sont probablement imputables à une moindre résistance aux intempéries. Nos données montrent que la chute d'efficacité commence à apparaître dès l'apparition de faibles quantités de pluies, surtout lorsque la technique d'application conduit à une répartition inhomogène du produit sur les plantes.

Nos expériences montrent que les produits argileux peuvent représenter une alternative au cuivre intéressante dans des situations de pluviométrie moyenne et avec une bonne technique d'application. Les limites d'efficacité selon les conditions de la Suisse deviennent apparentes dans les régions pluvieuses et lors de fortes pressions de maladies comme en 1999.

Häseli A., 1995: Versuche zur Krankheitsbekämpfung im biologischen Rebbau in der Schweiz. In: Hampl U., Hofmann U., Dostal B., Lünzer I., Wagenitz J. (eds) 5. Internationaler ökologischer Weinbaukongress, pp. 57-64. Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim.

Hofmann U., 1998: Kupferproblematik und Peronosporabekämpfung im ökologischen Weinbau. In: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft B., Deutschland (ed) Pflanzenschutz im ökologischen Landbau - Probleme und Lösungsansätze - Zweites Fachgespräch in Darmstadt. pp. 65-68, Darmstadt.

Hofmann U., 2002: Copper reduction and copper replacement - results and experiences of 12 years on farm research. In: Weinsberg F. Ö. O. e. V. (ed) 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing and Viticulture, pp. 175-180. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (FÖKO), Weinsberg.

ITAB, 2001: Forum national fruits et légumes biologique et bilan du programme interregional nord pas-de-Calais/Kent "agrobiologie transmanche". Institut Technique de l'Agriculture Biologique, Bouvines (Nord).

Kast W., 2002: Effects of plant extracts on downy mildew of vine-laboratory and field experiments. In: Weinsberg F. Ö. O. e. V. (ed) 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing and Viticulture, pp. 175-180. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (FÖKO), Weinsberg.

Rousseau J., 1995: Bekämpfung des falschen Mehltaus und Reduzierung des Einsatzes von Kupfer im ökologischen Weinbau. In: Hampl U., Hofmann U., Dostal B., Lünzer I., Wagenitz J. (eds) 5. Internationaler ökologischer Weinbaukongress. Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim.

Schaette, 2001: Produktinformation. Gebrüder Schaette KG, D – Bad Waldsee

Tamm L., 1999: Der biologische Rebbau in der Schweiz. In: Kast W. (ed) International exchange of experience in organic viticulture, Weinsberg.

QUELLES ALTERNATIVES A L'USAGE DU CUIVRE? LES PISTES DE RECHERCHE EN ITALIE

E. MESCALCHIN, A. VECCHIONE*, I. PERTOT*.

Centro Assistenza Tecnica Istituto Agrario S. Michele all'Adige, Trentino.

*SafeCrop Centre Istituto Agrario S. Michele all'Adige

Résumé

Depuis de nombreuses années, la nécessité de diminuer les doses de cuivre et de trouver des produits alternatifs s'impose en viticulture biologique. Le Règlement CE 473/2002 du 15 mars 2002 a défini les limites des quantités de cuivre à respecter et les viticulteurs qui désirent produire du raisin selon les critères de l'agriculture biologique se trouvent obligés de les respecter.

Malheureusement, dans l'immédiat, il n'est pas simple d'éliminer ou de remplacer partiellement l'usage du cuivre en viticulture biologique. En fait, ce qui peut se pratiquer actuellement est une réduction des doses de cuivre dans la plupart des cas où celles-ci sont très élevées et n'améliorent pas l'efficacité par rapport à des quantités réduites.

L'objectif le plus immédiat, déterminé par les exigences de la loi mais également issu des résultats de nos expériences, reste aujourd'hui la réduction des dosages de cuivre car son complet remplacement n'est pas envisageable dans les zones où la pression du mildiou est élevée.

Introduction

Pour diminuer les doses de cuivre, il y a trois possibilités:

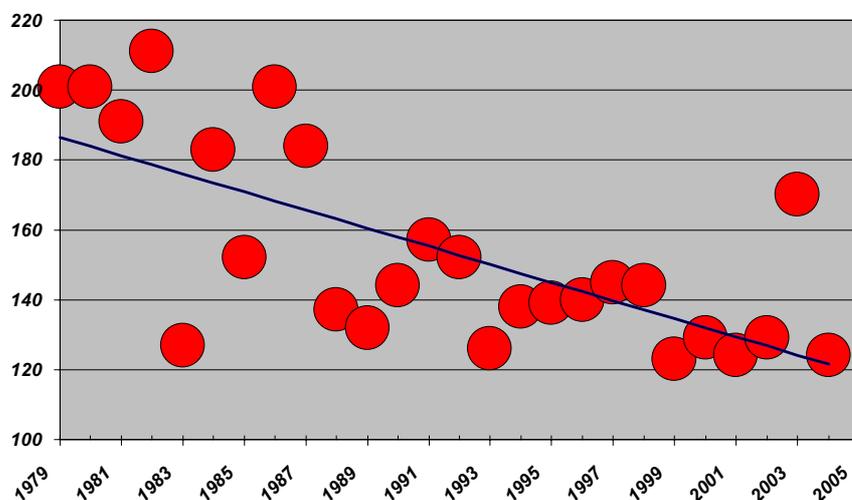
- Réduire le nombre de traitements
- Réduire la dose d'application
- Utiliser des produits alternatifs

Réduction du nombre de traitements

La possibilité de réduire le nombre des traitements dépend évidemment des conditions climatiques de l'année. Les changements climatiques en cours, également dans les régions d'Italie septentrionale (Piémont, Lombardie, Ligure, Vénétie, Trentin Haut-Adige, Frioulie-Venise-Julie, Emilie-Romagne) ont amené une augmentation de la température qui détermine une apparition plus précoce de la maladie fongique (Mescalchin et Pertot, 2003).

Dans ces régions, durant ces 5 dernières années, les traitements préventifs contre le mildiou ont toujours démarré dans la première décade de mai. Ceci ne s'était produit qu'une seule fois durant les 10 années précédentes. La période de sensibilité de la vigne à la maladie devient plus longue et il faut commencer les traitements plus tôt dans la saison. Il devient donc difficile de réduire le nombre de traitements

Fig.1: Epoque de la première infection exprimée en jours à partir du premier janvier.



Le début des traitements de protection contre la maladie est difficile à prévoir dès l'instant où, chaque année, les premières infections peuvent se manifester sur une période assez longue. La gravité de l'attaque est très variable d'une année à l'autre.

Dans les zones à forte pression de la maladie, due à des périodes d'humectation prolongée du feuillage, comme cela se passe dans la plupart des régions du nord de l'Italie, il est nécessaire de traiter de manière préventive l'infection primaire et dès lors de démarrer les traitements relativement tôt, en consultant les prévisions météorologiques et en observant le développement végétatif de la vigne et les conditions de température.

Lorsque les conditions sont moins favorables au mildiou, on peut commencer à traiter préventivement les infections secondaires ou juste après l'apparition des premières taches, prenant soin de contrôler la végétation dans les zones les plus sensibles.

Possibilité de réduction des quantités de cuivre

D'après nos expériences, à quantité égale de métal cuivre apportée, les formulations traditionnelles à base de cuivre montrent des activités semblables (Pertot et al, 2002).

L'oxychlorure semble légèrement moins résistant au lessivage. Les différences sont cependant légères. Le lessivage réduit l'action fongicide des produits à base de cuivre et cette diminution est presque totale après 60 mm de pluie si on applique des doses de 300 g Cu/ha (sur la base d'un volume de 10 hl/ha) dans le cas des hydroxydes comme dans celui de la bouillie bordelaise.

Dans nos régions, il est conseillé d'utiliser une dose moyenne de 50 g Cu/hl, correspondant à 500 gr Cu/ha.

Dans la pratique, la dose de 500 gr Cu/ha avec les formulations traditionnelles de cuivre peut être généralisée, mais il est nécessaire de rappeler qu'à cette dose le cuivre perd une bonne partie de son activité après des pluies de 20 à 30 mm.

La réduction de l'efficacité après un lessivage de 30 mm d'eau est de 30 à 40%.

En positionnant correctement les traitements, l'application des concentrations autour de 500 gr Cu/ha (700 gr Cu/ha dans le cas de prévision de pluies très abondantes) permet de contenir le développement de la maladie avec les formulations disponibles sur le marché.

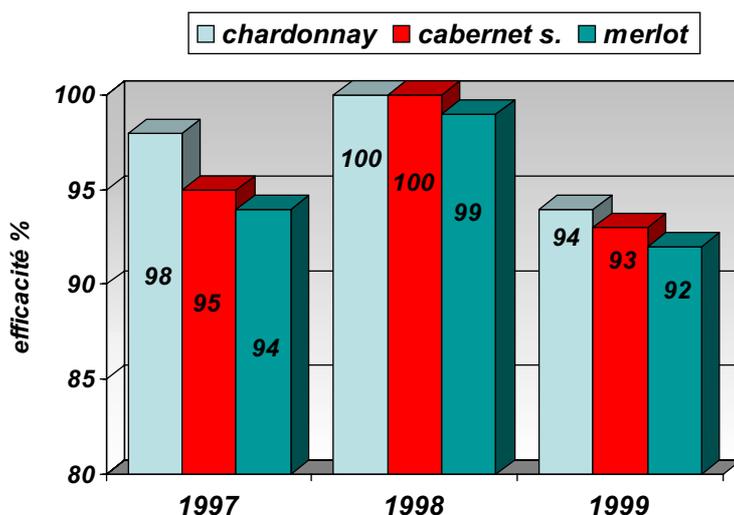
Pour obtenir une bonne protection de la maladie avec l'application de doses réduites de cuivre, il est déterminant de prévoir une protection attentive de la vigne aux infections primaires, comme par exemple la mise en place de traitements avant d'éventuelles pluies contaminantes, et une réduction des intervalles de temps entre les traitements en période de croissance maximale de la vigne.

Éléments qui conditionnent l'efficacité des traitements

a) la sensibilité variétale

La possibilité de réduire les doses dépend de la variété : dans les mêmes conditions climatiques et à doses égales de cuivre, les résultats sont différents en fonction du cépage. Comparant les 3 variétés les plus diffuses dans notre région, chardonnay, cabernet-sauvignon et merlot, nous avons mesuré une sensibilité plus importante du merlot, sensibilité que tous les viticulteurs connaissent.

Fig.2: Efficacité contre le mildiou par des traitements avec 500 gr. Cu/ha appliqués durant les années 1997-1999 dans le Trentin (nombre maximal de traitements/an=12)



b) Le développement de la végétation

Outre la variété, la croissance de la végétation est contrôlée avec beaucoup d'attention.

Dans notre environnement climatique, en moyenne 2,5 nouvelles feuilles se développent, chaque semaine mais il n'est pas rare d'avoir des rythmes de croissance plus importants, jusqu'à 3 nouvelles feuilles par semaine. Ce qui signifie qu'en pratique 3 jours après le traitement, il y a une nouvelle feuille non couverte par le produit et vulnérable au mildiou même dans le cas de faibles précipitations et indépendamment du dosage du cuivre utilisé lors du

dernier traitement. Il est donc inutile de traiter avec des doses élevées (même si celles-ci sont conseillées par les sociétés, voir tableau ci-après) puisque après seulement quelques jours le nouveau feuillage se trouve non couvert par les produits cuivriques.

Pour cette raison, il est préférable de traiter avec des doses réduites avant la pluie plutôt que d'intervenir par la suite avec des dosages élevés qui n'améliorent pas l'efficacité de la protection.

Par rapport aux indications de traiter avec 50 gr de Cu métal/hl (500 gr de Cu métal /ha), les fabricants de produits cuivriques conseillent sur leurs étiquettes des doses plus importantes :

produit	Nombre de produits considérés	Dose moyenne conseillée (gr/hl)	dose minimale conseillée (gr/hl)	dose maximale conseillée (gr/hl)
sulfate basique	3	84	57	116
hydroxyde	15	96	52.5	150
oxychlorure	21	134	50	210
bouillie bordelaise	6	170	120	250

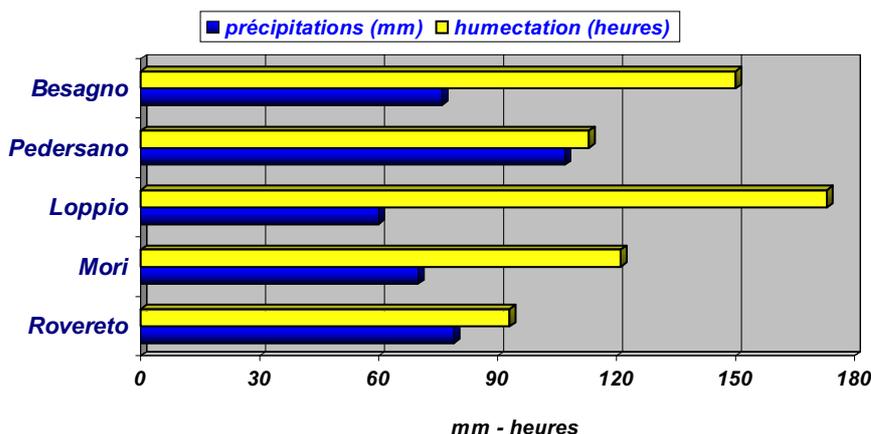
Tableau.I: Doses exprimées en gr de Cu/hl conseillée par les sociétés productrices de produits à base de cuivre, produits les plus distribués en Italie.

c) les caractéristiques des sites

A quantité égale de précipitations, un site qui présente une humectation du feuillage sur une période plus longue est plus exposé à la maladie fongique qu'un site plus sec ou ventilé,

L'humectation de la végétation n'est pas déterminée seulement par les précipitations mais également par les caractéristiques de chaque vignoble : l'exposition, la pente, le type de terrain et la ventilation sont des facteurs qui déterminent les différences entre chaque vignoble (figure 3).

Fig.3: Mm de pluie tombée en une seule série de précipitations (17-20 juillet) et humectation du feuillage dans 5 localités voisines (Trentin, 2001)



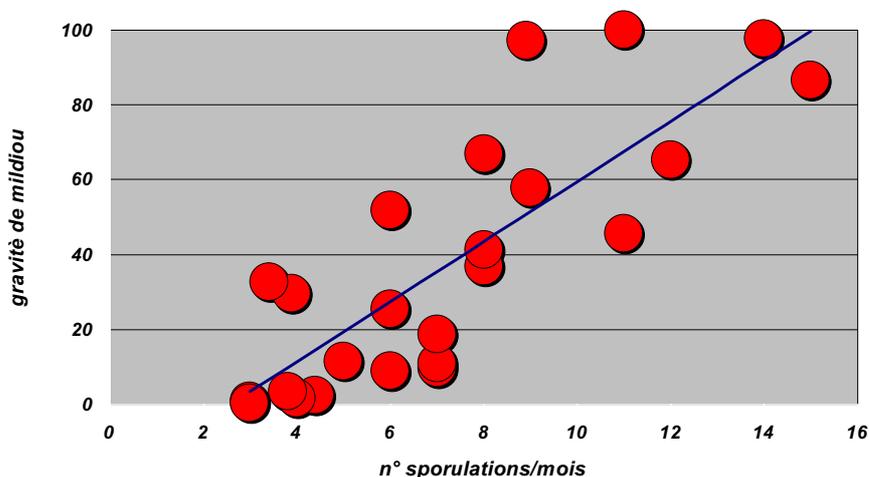
Dans cet exemple, on remarque que la durée de l'humectation varie de 90 à presque 180 heures avec de faibles différences de volumes de précipitation. Les zones ne sont pourtant distantes que de quelques kilomètres l'une de l'autre mais présentent des micro-climats très différents.

Les humectations prolongées (de nuit) comportent des sporulations répétées et de ce fait l'inoculum de mildiou dans le vignoble est plus élevé.

Dans ces situations, même de faibles contaminations se diffusent rapidement sur la végétation et exigent une couverture anti-fongique quasiment constante ce qui rend problématique autant la réduction du nombre de traitements que la réduction des doses de cuivre.

En pratique, la sensibilité des divers sites au mildiou est définie par la durée d'humectation de la végétation et par le nombre relatif de cycles de sporulations durant la nuit.

Fig. 4: Rapport entre le nombre de sporulations/mois et la gravité de l'attaque par le mildiou (cv. Chardonnay)



Possibilité d'utilisation de produits alternatifs au cuivre: les essais en 2004

En Italie septentrionale, des produits alternatifs au cuivre sont en expérimentation depuis au moins 15 ans. Jusqu'à aujourd'hui, aucun produit n'a donné de bons résultats dans des conditions de forte pression de la maladie.

Matériel et méthodes

En 2004, à l'Institut San Michele, des expérimentations ont été menées afin de confronter l'effet anti-mildiou de produits à basse concentration de cuivre (peptides), de produits à base d'argile (Mycosin), de phosphites de potassium (même si ceux-ci ne sont pas admis en agriculture biologique), de produits à base d'extraits végétaux et des agents de contrôle biologiques (BCAs) seuls ou appliqués alternativement avec un hydroxyde de cuivre à la dose de 45 gr Cu/hl (450 gr Cu/ha).

Les "peptides" présentent une structure de cuivre chélaté avec des acides aminés et des peptides qui facilitent leur assimilation par les cellules végétales, assimilation comparable à celle

d'une molécule organique. Le métal chélaté avec des acides aminés perd sa caractéristique de cation et ne pénètre plus les membranes par le mode normal mais la traverse passivement, comme un composé organique. Ces produits ont une pénétration rapide mais on leur attribue aussi une certaine phytotoxicité, même en diminuant les doses de cuivre.

Le peptide a été utilisé 3 fois, le phosphite de K, 2 fois, les argiles, 11 fois.

Chaque traitement par le peptide a apporté 25,5 gr Cu/hl.

Au total, du 6 mai au 20 juillet, 12 applications ont été réalisées.

Les parcelles de référence dans le protocole étaient: une parcelle non traitée et une autre traitée par l'hydroxyde de cuivre (45 gr Cu/hl).

Le test a été conduit sur un vignoble de cabernet-sauvignon 341/Kober 5bb de 5 ans élevé en pergola simple du Trentin (2.8 x 0.9).

Les observations sur la fréquence et sur la gravité de la maladie ont été effectuées chaque semaine : observation de 50 feuilles et 50 grappes pour chaque répétition.

Pour chaque modalité, il y a eu 4 répétitions.

Pour les modalités avec de l'hydroxyde de cuivre, le peptide et le phosphite de K, la phytotoxicité sur les feuilles et sur les grappes a été suivie.

Sur les feuilles, la phytotoxicité a été sous-divisée en 5 classes, de 0=aucune phytotoxicité à 4=forte décoloration des feuilles et larges nécroses.

Sur les grappes, 3 classes ont été considérées : de 1=nécroses ponctuelles à 3=nécroses très étendues.

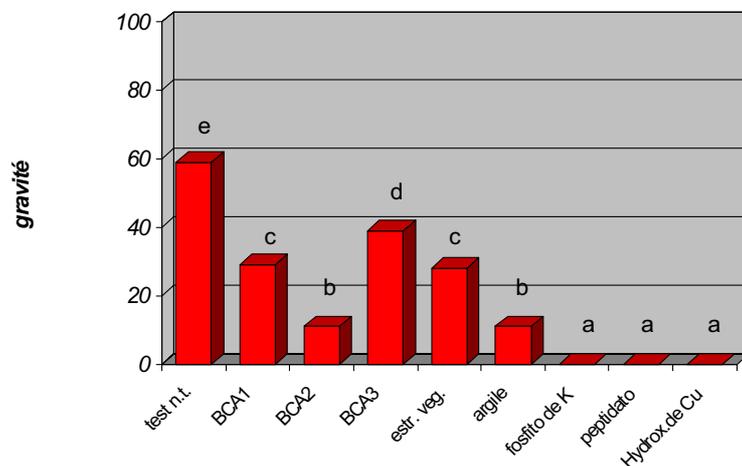
La phytotoxicité sur la dimension de la baie a aussi été évaluée.

Résultats

Les résultats relevés au 20 juillet (correspondant avec l'application de la dernière intervention) sont reportés ci-dessous.

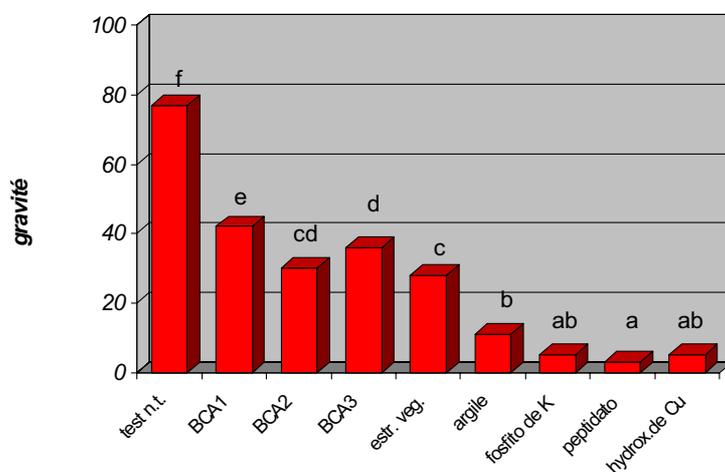
Sur les feuilles, apparaît une différence significative entre les produits contenant du cuivre et le phosphite de K par rapport aux autres formulations utilisées (ne contenant pas de cuivre).

Fig.4: Gravité de l'attaque de mildiou sur feuilles en fonction des divers traitements appliqués.



De semblables considérations sont valables pour les grappes. Les différences entre le phosphite de K, le peptide de cuivre (alternatif à l'hydroxyde de cuivre) et l'hydroxyde de cuivre appliqué sur toute la saison sont relativement basses ; les argiles manifestent une action partielle alors que l'extrait végétal et les agents de contrôle biologiques, bien que présentant de meilleurs résultats que dans le témoin non traité, n'atteignent pas d'effets satisfaisant aux nécessités de protection du mildiou.

Fig.5: Gravité de l'attaque du mildiou sur grappes en fonction des divers traitements utilisés.



Au regard des bons résultats obtenus sur feuilles et sur grappes par les traitements avec les produits à base de cuivre et par le phosphite de potassium, l'évaluation de la phytotoxicité confirme les problèmes déjà manifestés les années précédentes avec les peptides.

Que ce soit sur la végétation ou sur les grappes, ces produits montrent une phytotoxicité qui les rendent inaptes à des applications en pleins champs.

Fig.6: Phytotoxicité induite sur feuilles par divers produits de protection du mildiou.

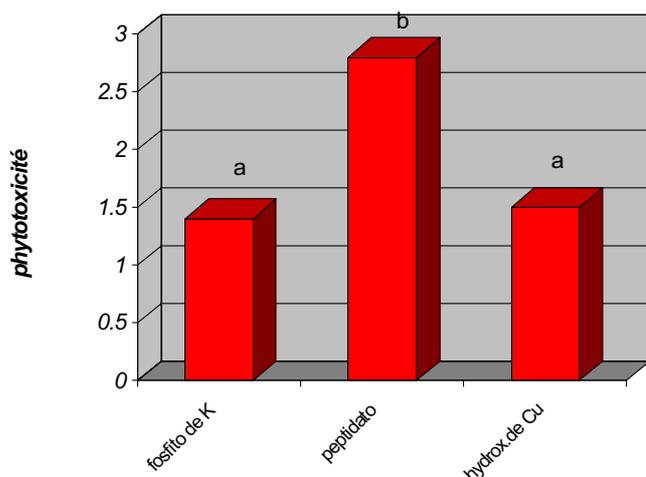
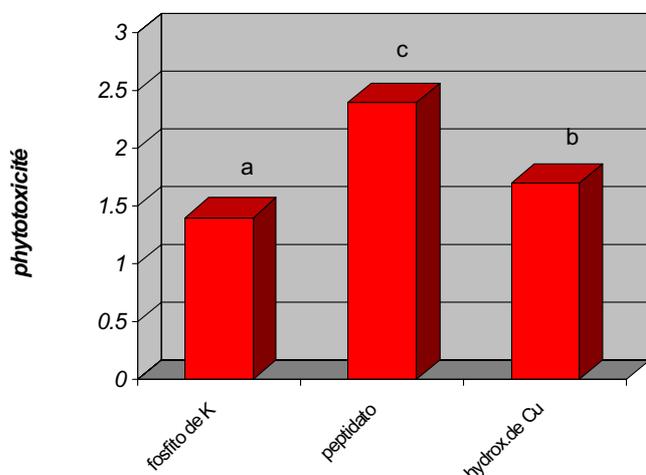


Fig.7: Phytotoxicité induite sur grappes par divers produits de protection du mildiou.



Discussion

Tous les produits utilisés dans cette expérimentation montrent une certaine efficacité dans le contrôle du mildiou, mais seuls les produits à base de cuivre et le phosphite de potassium (non admis en viticulture biologique) montrent des effets applicables en pleins champs.

Les peptides de cuivre, même s'ils montrent une diminution du dosage du cuivre de 4 fois par rapport à des formulations traditionnelles, présentent une phytotoxicité qui n'est pas tolérable.

S'il venait à être accepté en agriculture biologique, le phosphite de potassium pourrait constituer une bonne alternative au cuivre du fait qu'il est systémique et non sujet au lessivage par la pluie.

Ce produit peut montrer des phénomènes de phytotoxicité comparables à ceux du cuivre.

Les argiles sont appliquées uniquement dans le cas de faible risque de mildiou. Les autres produits mis en expérimentation, agents de contrôle biologiques et extrait végétal, ne peuvent constituer une alternative valide à l'usage du cuivre.

CONCLUSIONS GENERALES

Des observations conduites ces dernières années, nous pouvons synthétiser quelques conclusions générales:

- Il n'existe pas actuellement en viticulture biologique de produits autorisés alternatifs au cuivre qui présenteraient la même efficacité anti-mildiou que ce métal;
- Les doses d'application du cuivre devront en général être réduites pour devenir compatibles avec les exigences réglementaires. Avec des quantités de 6 kg de cuivre /ha/an, 12 traitements peuvent être exécutés avec des doses de 500 gr Cu métal/ha. Ce dosage permet de contrôler la maladie les années de conditions climatiques normales. Cependant dans certaines zones viticoles et les années à forte pression de mildiou ces doses risquent d'être un peu insuffisantes pour assurer un contrôle satisfaisant de la maladie.
- L'application de doses réduites implique naturellement une réduction de la persistance et doit être liée à une technique de distribution optimale ;

- L'intervalle entre les traitements successifs est conditionné par la dose appliquée mais surtout par la pluie lessivantes et le développement de la végétation. Traitant plus souvent mais avec des dosages réduits, on couvre mieux la végétation qui croît ;
- Les situations pour lesquelles le contrôle du mildiou apparaît problématique sont celles où, à parité de mm de pluie, les heures d'humectation de la végétation sont plus importantes ;
- L'efficacité de la protection utilisant exclusivement des produits de contact comme le cuivre est liée à la possibilité de traiter de manière préventive avant des pluies potentiellement lessivantes. Il est cependant nécessaire de consulter les services de prévision météorologique avant de traiter ;
- À quantité égale de cuivre métal apporté, il n'existe pas de différence significative de l'efficacité anti-mildiou entre les diverses formulations traditionnelles présentes sur le marché (hydroxyde, sulfate et oxychlorure);
- Les peptides de cuivre montrent une efficacité et une résistance au lessivage comparables aux formulations cuivriques traditionnelles avec des dosages de cuivre 4 fois inférieurs, mais manifestent de gros problèmes de phytotoxicité qui rendent leur application problématique en plein champ ;
- Sur le cabernet-sauvignon, les peptides et le phosphite de potassium inhibent la croissance de la baie de manière plus importante que l'hydroxyde de cuivre.

Remerciements

Les auteurs remercient Bottura Maurizio, Delaiti Marco, Margoni Michele, Sandri Oliviero, Tomasi Isabella, Varner Mauro, Zulini Luca.

Références bibliographiques

MESCALCHIN E., PERTOT I., 2003 - La riduzione del rame in viticoltura biologica. Bioagricultura, n°81, 27-29.

PERTOT I., DELAITI M., MESCALCHIN E., ZINI M., FORTI D., 2002 - Attività antiperonosporica di nuove formulazioni di composti rameici utilizzati a dosi ridotte e prodotti alternativi al rame impiegabili in viticoltura biologica. Atti Giornate Fitopatologiche 2002 vol. II°, 297-302.

LUTTE CONTRE LE MILDIOU DE LA VIGNE : EVALUATION D'UN EXTRAIT AQUEUX DE SAULE (SALIX) CONTRE PLASMOPARA VITICOLA.

Marc Chovelon
GRAB Site Agroparc – BP 122 – 84911 Avignon Cedex

La recherche de nouvelles voies de lutte contre le mildiou de la vigne est motivée par la limitation de l'utilisation du cuivre applicable en Agriculture Biologique. Parmi ces nouvelles voies, l'étude des mécanismes de défenses naturelles des plantes intéresse la communauté scientifique depuis plusieurs années.

Dans cette optique, le GRAB a entrepris d'évaluer les effets de l'application d'un extrait aqueux de saule (tisane) contre *Plasmopara viticola*. Ce produit est souvent utilisée par les vigneron en biodynamie.

RAPPEL : QU'EST CE QU'UN ELICITEUR

Les éliciteurs sont des substances capables d'engendrer chez les plants sensibles, des mécanismes de résistance durable, à grande échelle (plein champ), face à l'agression d'un organisme pathogène (champignon, bactérie). L'objectif étant d'atteindre le degré de résistance des cépages les plus tolérants au mildiou.

La majorité des expériences a été faite sur le tabac et le soja. Les principaux éliciteurs étudiés sont des composés fongiques, notamment la cryptogéine dont le mode d'action est maintenant assez bien connu. On pourrait résumer ainsi les étape de l'élicitation : il y a d'abord une reconnaissance entre l'éliciteur et certains récepteurs de la membrane cellulaire, ce qui induit des réactions de phosphorylation, qui permettent la synthèse de molécules de défense (HRGPs, PR protéines, phytoalexines). Une réaction d'hypersensibilité s'ensuit souvent, liée à la production de composés radicalaires. La dépolarisation membranaire est assez tardive (Pugin, 1996) soit on le garde mais il faut expliquer ce que cela implique, soit on le supprime !

L'induction par l'éliciteur se traduit donc par deux actions,

- **l'une directe** sur l'agresseur (champignon pathogène par exemple), par la néosynthèse de composés de défense, les PR protéines, les HRGP, et les phytoalexines (resvératrol par exemple).
- **l'autre indirecte**, non orientée spécifiquement contre l'agresseur, et qui vise à inhiber ou du moins à limiter, le développement de l'agresseur en créant des conditions qui lui sont défavorables.

Une barrière physique apparaît : un certain laps de temps après l'élicitation la perméabilité de la membrane diminue et parallèlement le taux de polymérisation de lignine et cutine s'accroît autour de l'appressorium.

Une réaction d'hypersensibilité se met en place, avec apparition de ROS (c'est quoi ?) et de nécroses.

La quantité de composés phénoliques et de tanins augmente.

Le milieu extra-cellulaire s'alcalinise (le pH augmente).

Le cytoplasme s'acidifie,

Les éliciteurs les plus couramment utilisés en recherche sont excrétés par les micro-organismes ou proviennent de l'hydrolyse de parois de champignons ou de plantes . Ce sont des oligosaccharides (tel le β 1,3 Glucane) des oligomères de chitine, des oligopeptides, des protéines ou des lipides

Objectifs de l'étude

Dans la problématique de réduction des doses de cuivre, l'intérêt des éliciteurs est certain même si on ne sait que très rarement dire précisément quelle voie métabolique est activée, et dans quel ordre se passent les réactions. Dans notre étude, on cherche à tester l'effet éliciteur de l'acide salicylique par un suivi de la réaction de la vigne à une inoculation avec *Plasmopara Viticola*, après élicitation. L'acide salicylique est **un intermédiaire** dans les mécanismes de défense des plantes. On connaît par exemple son rôle dans le métabolisme de l'eau oxygénée (H_2O_2). Dans la réaction d'hypersensibilité, en se fixant sur la catalase (enzyme), il inhibe son action de dégradation de l'eau oxygénée en ($H_2O + O_2$) (le site actif est bloqué). H_2O_2 n'est ainsi plus dégradée et est à l'origine de la création de radicaux libres permettant de lutter contre l'agresseur.

Dans cette étude, on compare, les effets de solutions d'acide salicylique de synthèse (non autorisé en agriculture biologique) avec une tisane de saule, (utilisable en agriculture biologique) afin de voir si le composé non purifié (tisane) peut provoquer des réactions suffisantes pour limiter le développement du mildiou.

On se propose d'étudier l'évolution de la maladie pour un cépage donné, en fonction de différentes doses d'éliciteur et à différentes dates d'élicitation.

Dispositif expérimental

L'expérimentation, se fait sur des plants d'Alphonse Lavallée en pots âgés de 2 ans. Deux types d'élicitation à deux doses différentes sont effectués

Une élicitation avec de l'acide salicylique à 7 mmol/l et 1 nmol/l)

Une élicitation avec une tisane de saule pure et avec le même extrait dilué 10 fois

Témoin : pas d'élicitation

L'expérimentation a été conduite, sur 6 plants à chaque fois, sous ombrière avec des brumisations régulières (5mn tous les $\frac{3}{4}$ d'heure) afin de faciliter l'installation de la maladie. L'élicitation se fait avec 5 ml de produit sur chaque plant

La tisane de saule a été obtenue selon une méthode utilisée en biodynamie, sa concentration en acide salicylique inconnue a priori, a été mesurée par HPLC avec une détection UV à 211 nm

Modalités étudiées

Afin de tester la meilleure date d'élicitation, on traite **4 jours et 2 jours** avant l'inoculation.

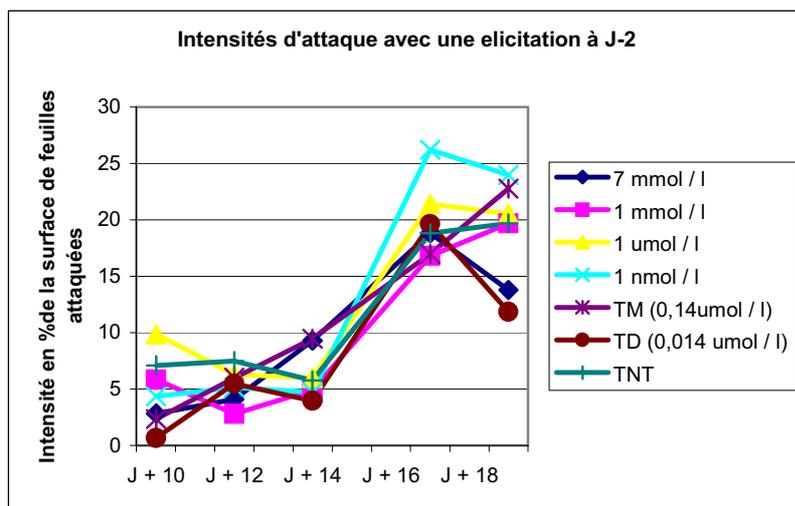
Tableau 1 - Récapitulatif des 6 modalités (répétées pour les deux dates d'élicitations) et un témoin non élicité

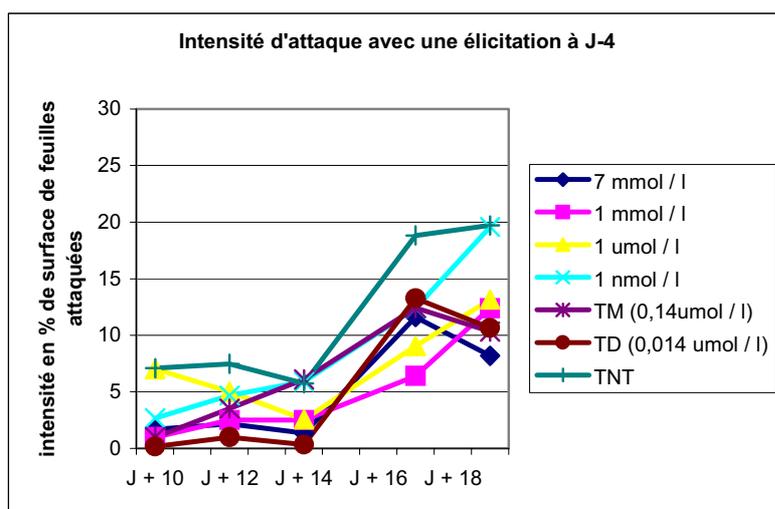
Modalités	Concentration en acide salicylique
Témoin	0
C1 (solution d'acide salicylique de synthèse)	7mmol/L
C2 (solution d'acide salicylique de synthèse)	1mmol/L
C3 (solution d'acide salicylique de synthèse)	1µmol/L
C4 (solution d'acide salicylique de synthèse)	1nmol/L
TM (Tisane Mère)	0.14µmol/L (mesuré par HPLC)
TD (Tisane Diluée)	0.014µmol/L

La quantité de spores inoculées est connue grâce à un hématimètre de Malassez. Ici, 3.10^5 spores / mL d'eau. Les plantes sont inoculées à raison de 2 ml de suspension par plant.

Les Résultats obtenus:

Les résultats sont présentés sous la forme de graphiques évolutifs relatant les observations :





D'après cette expérimentation, il apparaît une efficacité nette et marquée de l'élicitation par acide salicylique.

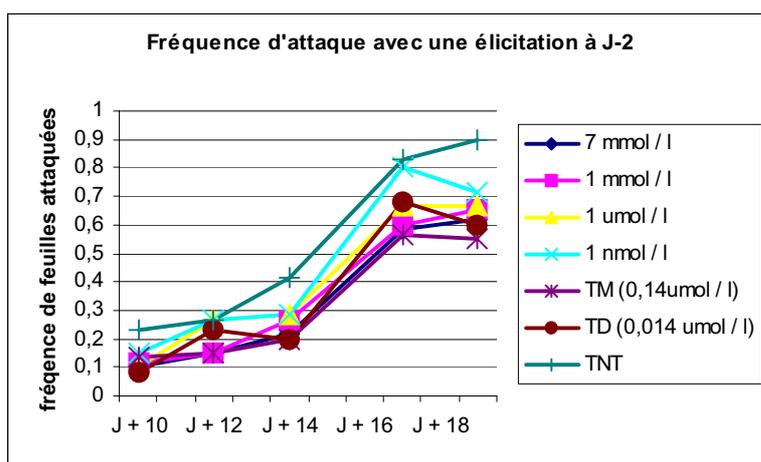
Pour les modalités à base d'acide salicylique de synthèse, il y a un effet dose, cela semble l'inverse pour les tisanes puisque celle qui est diluée apparaît plus efficace que la tisane mère.

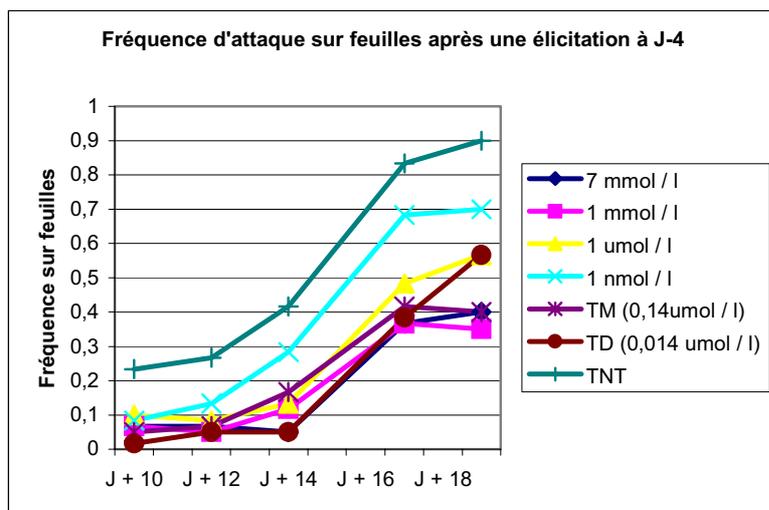
Deux groupes semblent se différencier :

Le groupe composé par le témoin non traité, et la modalité C4, qui n'apparaissent pas très fortement différents.

Le groupe composé des modalités C1, C2, TM, TD, pour lesquelles l'efficacité semble significative.

En règle générale, l'élicitation 4 jours avant l'inoculation semble plus efficace.





Pour la fréquence, les courbes apparaissent quasiment parallèles, et ont une physionomie de « courbes en S ».

Analyse et discussion

Tableau 2 - Analyse de variance à J+19 : fréquence de l'attaque (test de NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%)

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
J-2 TNT	0,9	A		
J-4 TNT	0,9	A		
J-2 C4	0,717		B	
J-4 C4	0,7		B	
J-2 C3	0,667		B	
J-2 C2	0,65		B	
J-2 C1	0,617		B	
J-2 TM	0,6		B	
J-4 TM	0,567		B	
J-4 C3	0,567		B	
J-2 TD	0,55		B	
J-4 TD	0,4			C
J-4 C1	0,4			C
J-4 C2	0,35			C

Pour la fréquence, l'analyse de variance est excellente, avec de très fortes probabilités que les différences observées soient dues aux traitements, ainsi qu'à la date d'élicitation.

La puissance de l'essai (capacité à différencier des résultats) est optimale.

Les comparaisons de moyenne par le test de Student confirment les résultats de l'analyse de variance quant aux groupes homogènes.

Tableau 3 - Analyse de variance à J+19 : intensité de l'attaque (test de NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%)

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
C4	0,218	A	
TNT	0,197	A	
C3	0,168	A	B
TD	0,166	A	B
C2	0,16	A	B
TM	0,112		B
C1	0,11		B

L'analyse de variance est également très bonne, avec un effet certain des doses. Par contre, la date d'élicitation n'intervient pas dans l'efficacité du traitement.

Des groupes homogènes ressortent, mais moins franchement que pour la fréquence :

Ainsi, d'après l'analyse de variance, les deux modalités se démarquant nettement sont la tisane mère et la concentration à 7mmol/l (C1). Cependant, en procédant à une comparaison de variances par le test de Student, on s'aperçoit qu'il n'y a pas de différences significatives entre la modalité TD (tisane diluée), et les modalités TM (Tisane Mère) et C1. La modalité TD a donc la même efficacité.

Conclusions et perspectives

Cette expérimentation, montre l'efficacité de l'élicitation par acide salicylique de synthèse, et extrait aqueux de *Salix*.

La modalité la plus efficace de tisane, donc utilisable en agriculture biologique, est la tisane diluée 10 fois (contradictoire avec ce qui est dit au § au-dessus).

Eliciter 4 jours avant inoculation apparaît plus probant. Cet aspect peut être problématique dans l'utilisation de cette tisane à grande échelle et en conditions naturelles. Il est en effet difficile de prévoir plusieurs jours à l'avance quand aura lieu une pluie contaminatrice, d'autant qu'il n'est pas sûr qu'une élicitation trop précoce soit efficace. Ceci doit être confirmé par des essais supplémentaires au champ.

Ces résultats, ouvrent des perspectives très intéressantes dans la lutte contre le mildiou en viticulture biologique, mais également conventionnelle. En effet, face au durcissement de la législation sur l'utilisation de cuivre, l'utilisation de la tisane de saule comme éliciteur peut être une bonne alternative. Son action indirecte par stimulation des défenses naturelles de la plante, rend le risque de voir apparaître des souches résistantes extrêmement faible. Cependant, même si l'efficacité est réelle, elle n'est pas équivalente à celle d'un fongicide. En cas de forte pression, cette protection pourrait s'avérer insuffisante.

Cette étude à été menée sur des plants en pot, et il n'est pas certains que des expérimentations en plein champ mènent à des résultats similaires, d'où la nécessité de poursuivre les essais.

Remarque sur la tisane de Saule

D'après l'analyse, on s'aperçoit que la concentration en acide salicylique de la tisane est très faible (0.14umol/L pour la tisane mère), alors que son efficacité est supérieure à des solutions d'acide salicylique de synthèse plus concentré. Il existe dans la tisane de nombreuses autres molécules, certaines en quantités beaucoup plus importante. Il est ainsi fort probable que l'efficacité de la tisane de saule dans la lutte contre le mildiou ne soit pas uniquement due à l'action de l'acide salicylique, mais que d'autres molécules jouent également un rôle important.

Il est possible aussi que les autres molécules rentrent en synergie avec l'acide salicylique, le rendant plus efficace.

Une autre hypothèse serait que les isomères de la molécule soient différents, avec une meilleure réceptivité de la plante à celui d'origine biologique.

Ces hypothèses doivent être confirmées ou infirmées par des essais complémentaires



Replacement of copper fungicides in organic production of grapevine and apple in Europe (REPCO)

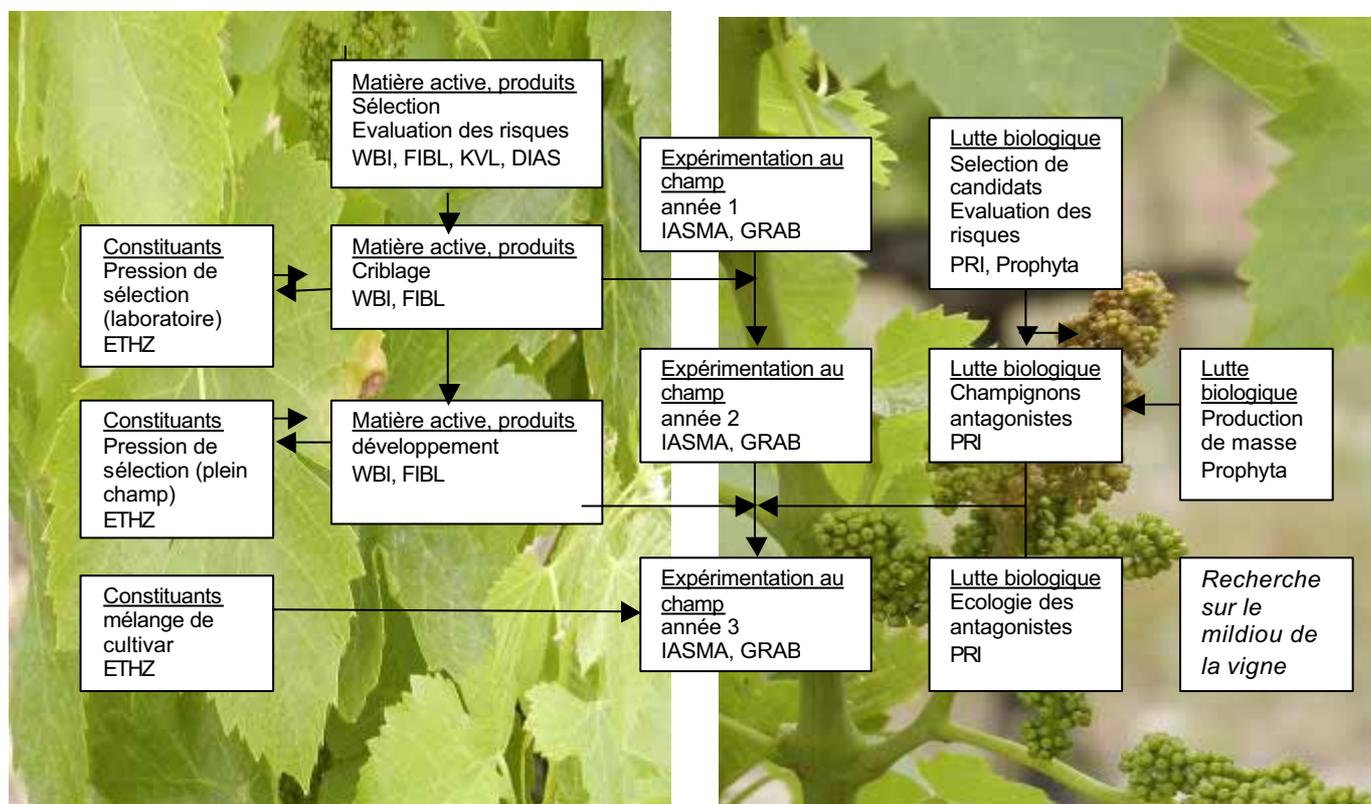
Recherches d'alternatives au Cuivre contre le mildiou de la vigne et la tavelure du pommier 2003 – 2006

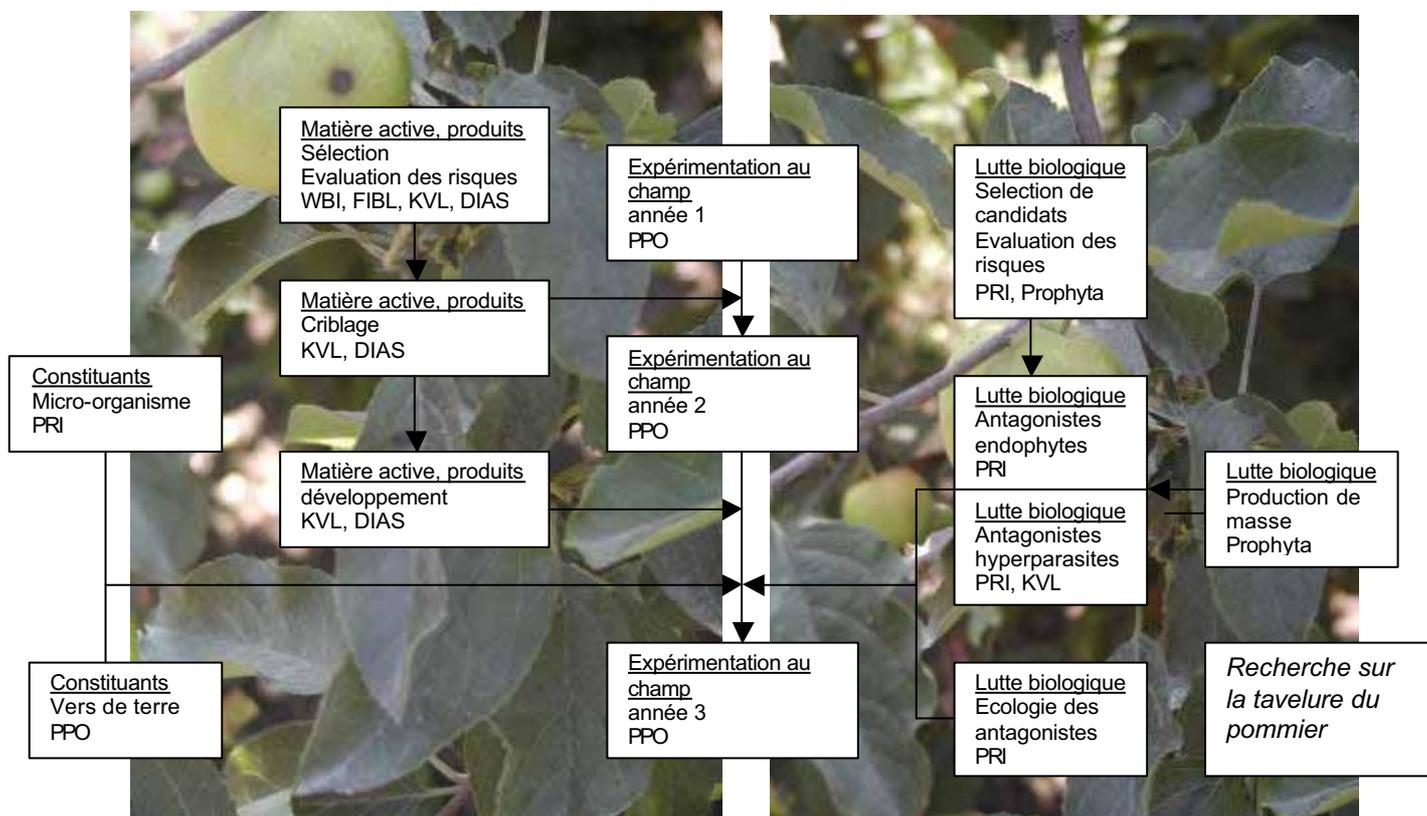
Objectif

La production européenne en agriculture Biologique de pommes et de raisins dépend fortement de l'utilisation de cuivre contre le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*) et la tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*). L'utilisation du cuivre doit être réduite afin de diminuer les risques environnementaux. Le programme REPCO contribue à remplacer les fongicides cupriques par des nouvelles mesures de lutte.

Groupes thématiques

- Nouveaux stimulateurs de défenses naturelles et fongicides susceptibles d'être agréés en AB.
- Nouveaux agents de lutte biologique.
- Etudes de systèmes de production intégrée
- Mis en application des moyens de lutte.
- Diffusion et exploitation des résultats.





Résultats attendus

- Produits et antagonistes à développer industriellement pour la protection des cultures et utilisables en AB
- Connaissances sur les pratiques culturales améliorant les populations d'auxiliaires
- Intégration et utilisation des mesures étudiées dans une agriculture durable

Les partenaires

1. Plant Research International (PRI) Pays-bas
2. Staatliches Weinbauinstitut (WBI) Allemagne
3. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) Suisse
4. Swiss Federal Institute of Technology (ETHZ) Suisse
5. Istituto Agrario di San Michele all'Adige (IASMA) Italie
6. Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (Grab) France
7. Applied Plant Research (PPO) Pays-Bas
8. The Royal Veterinary and Agricultural University (KVL) Danemark
9. Danish Institut of Agricultural Sciences (DIAS) Danemark
10. ECOVIN Allemagne
11. BioFruitAdvies Pays-Bas
12. Propytha Allemagne



Groupe de Recherche en Agriculture Biologique
 Agroparc BP 1222 84911 AVIGNON Cedex 09
 FRANCE
 Tél : (0033) 04 90 84 01 70
 Fax : (0033) 04 90 84 00 37
 Mél : viticulture.grab@tiscali.fr

REPCO est en partie financé par le 6^{ème} Programme Cadre de Recherche et de Développement de la Commission Européenne (Projet n° 501452)
 La Communauté Européenne n'est pas responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations contenues dans ce document

EFFICACITE DES MACERATIONS DE PLANTES DANS LA LUTTE CONTRE LE MILDIU DE LA VIGNE

Jérémie PETIT et Ludovic FAESSEL

OPABA, Bâtiment Europe2, allée de Herrlisheim, 68000 COLMAR.tél : 03 89 24 45 35

Fax : 03 89 79 35 19courriel : opaba@wanadoo.frwww.opaba.org

RITTMO

Introduction :

En Alsace, les macérations, tisanes et décoctions de plantes sont couramment utilisées par les vignerons dans leurs stratégies de lutte contre les maladies cryptogamiques de la vigne. On peut citer comme plante l'ortie dioïque (*Urtica dioica*), la prêle des champs (*Equisetum arvense*), le saule ou osier. Le but de l'essai était de tester l'efficacité de ces plantes vis-à-vis du mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*) et de déterminer les possibilités de réduction des doses de cuivre.

Matériels et méthodes :

Le protocole de l'essai a été établi selon le protocole de la commission des essais biologiques CEB n°007. (Le protocole de l'essai réalisé est disponible auprès de l'OPABA).

La parcelle d'étude choisie est située à Ribeauvillé, dans une zone à tendance forte en maladies cryptogamiques (hydromorphie, présence d'un petit ruisseau ayant tendance à inonder le bas de la parcelle, zone de courant d'air humide). Le cépage concerné est un Chardonnay (destiné à la fabrication de Crémant d'Alsace) avec comme porte greffe du SO4. Il s'agit d'une parcelle vigoureuse avec un cépage sensible au mildiou. Afin d'augmenter la sensibilité de la parcelle, la vigueur a été augmentée par le retournement par labour de l'enherbement sur tous les rangs.

Les parcelles élémentaires ont été disposées en bloc selon la méthode des blocs de Fischer, avec 4 blocs. Chaque parcelle élémentaire a été séparée par un rang de garde afin d'éviter les éventuels dérives de traitement. Un témoin négatif (aucun traitement) a été installé afin d'observer et de suivre le mildiou. Un témoin positif avec un traitement cuprique à la dose de 1,5 kg de cuivre métal/ha/an (dose moyenne en Alsace) a été installé. Ce témoin permet de comparer les effets des plantes. Ces 2 témoins sont exclus du dispositif de répétition (pour des raisons de nombre de rangs insuffisants pour une bonne randomisation).

Traitements étudiés :

6 modalités de traitement ont été étudiées (voir tableau 1). Les traitements cupriques (à base d'hydroxydes de cuivre) ont été réalisés 48 h après l'application des plantes (pour éviter une baisse d'efficacité de l'effet stimulant des plantes). Les macérations de plantes sont des macérations d'une semaine à l'eau froide. Un mouillant à base de lait d'argile à 1% a été utilisé.

Tableau 1 : modalités de traitement

Quantité de cuivre métal/an/ha (en Kg)	Plantes	Nombre de traitement
1,5	Macérations ortie – prêle (produit commercial)	8
1,5	Macérations d'ortie (fait au domaine)	8
0,5	Macérations ortie – prêle (produit commercial)	8
0,5	Macérations d'ortie (fait au domaine)	8
0	Macérations ortie – prêle (produit commercial)	8
0	Macérations d'ortie (fait au domaine)	8

- Modalités de traitement

Préparation des bouillies :

- o Produit commercial (éliciteur 1):

0,4 l de purin d'ortie et 0,4 l de purin de prêle issus du commerce sont dilués dans 4 litres d'eau et appliqué sur la vigne jusqu'au stade « fleur ». Après la floraison, seul 0,8 litre de purin d'ortie est utilisé. Un mouillant à base de lait d'argile est rajouté dans le pulvérisateur à raison de 1% du volume total d'eau.

Le purin est utilisé à 10% (du volume d'eau), la prêle à 10%

- o Produit fait sur le domaine (éliciteur 2) :

1 kg d'ortie fraîches est mis à fermenter dans 10 l d'eau froide pendant une semaine. Après fermentation, le purin est filtré, dilué à 10% et utilisé dans les 24 – 48 heures.

0,4 l de purin d'ortie et 0,4 l de prêle sont dilués dans 4 litres d'eau et appliqué sur la vigne jusqu'au stade « fleur ». Après la floraison, seul 0,8 litre de purin d'ortie est utilisé. Un mouillant à base de lait d'argile est rajouté dans le pulvérisateur à raison de 1% du volume total d'eau.

Traitements :

- Éliciteur 1 :

8 traitements ont été réalisés avec ce produit à partir du stade C ou pointe verte. L'intervalle entre 2 traitements fut de 10 jours. À partir de la floraison (mi-juin), la prêle n'a plus été appliquée en raison de ses propriétés liées à la silice, celles-ci ayant pour conséquence des risques de brûlures sur feuilles en été.

La dose utilisée est de 4 l/ha par passage.

- Éliciteur 2 :

Modalités identiques à celles de l'éliciteur 1.

- Cuivre :

8 traitements à base de cuivre ont été réalisés sur les parcelles élémentaires où le cuivre était prévu. La dose de traitement a été de :

- 190 g de cuivre métal/ha/traitement pour la modalité à 1,5 kg de cuivre métal/ha/an
- 65 g de cuivre métal/ha/traitement pour la modalité à 0,5 kg de cuivre métal/ha/an.

Afin de vérifier l'efficacité des traitements à base de plantes, les traitements cuivre ont été réalisés 2 jours après (ceci pour éviter d'éventuelles interactions cuivre/plantes).

- Observations et notations

1. Organes observés

Les observations concernent les dégâts provoqués par la maladie sur tous les organes sensibles, à n'importe quel moment de leur développement. Les observations se font sur 10 ceps au sein des parcelles élémentaires. Les dégâts provoqués par le mildiou sur feuilles, inflorescences, jeunes grappes et grappes avant véraison sont évalués.

2. Variables observées et époques d'observation

- a. Feuilles

Dénombrement de taches :

L'ensemble des taches visibles par parcelle est compté (uniquement lorsque le nombre de taches est insuffisant)

Fréquence d'attaque :

On dénombre le nombre de feuilles atteintes et de feuilles saines sur 20 rameaux également répartis sur les ceps par parcelle. Ces rameaux doivent autant que possible comporter le même nombre de mérithalles et ne pas être écimés (rameaux principaux ou issus de bourgeons auxiliaires). Dans le cas contraire, l'observation sera faite par examen des feuilles comprises dans un volume de végétation délimité par les fils de palissage.

- Intensité d'attaque

Lorsque la majorité des feuilles est atteinte par la maladie, 100 feuilles de même âge et de même niveau sont examinées individuellement sur l'ensemble des ceps. On estime la proportion foliaire couverte par la maladie.

Si la chute des feuilles due au mildiou est commencée, on estime la proportion de feuilles tombées sur l'ensemble de la parcelle.

- b. Grappes :

Les observations sont effectuées à 3 époques :

Sur les inflorescences

À la nouaison (rot gris)

Avant le début de la véraison (rot brun).

Pour les 3 observations, on prend systématiquement 100 grappes consécutives par parcelle élémentaire. On évalue la proportion de baies atteintes par la maladie sur chaque grappe.

Observations complémentaires

Une attention sera portée sur la sensibilité de la vigne aux produits, sur les autres maladies et ravageurs.

Étude enzymologique

Deux jours après chaque traitement phytostimulant, un échantillon de 3 feuilles de vigne par modalité sera prélevé et conservé à 4°C jusqu'à analyse.

Le lendemain du prélèvement, l'activité de la polyphénole oxydase, une enzyme clé des réactions de défense de la plante, sera évaluée au laboratoire pour chaque échantillon. Succinctement, après avoir broyé et centrifugé l'échantillon, l'extrait obtenu est incubé à 37°C avec son substrat : le catéchol. La lecture de l'activité est estimée par mesure de la densité optique à 420 nm.

- Analyses statistiques des variables et interprétation des résultats :

Élaboration des variables

Observations	Variables à calculer
Comptage du nombre de taches par parcelle	Nombre de taches par parcelle
Comptage des feuilles malades sur 20 rameaux répartis sur l'ensemble du cep.	Proportion de feuilles malades par parcelles
Comptage des grappes malades sur les ceps observés	Proportion de grappes malades par parcelle.
Estimation de la proportion des dégâts : <ul style="list-style-type: none">- Par feuille (% de surface malade par rapport à la surface totale)- Par grappe (% du volume de la grappe atteinte par rapport à l'ensemble de la grappe)	Moyenne des proportions exprimées par organe.
Estimation de la proportion des dégâts sur l'ensemble du feuillage des ceps observés par face	Moyenne des proportions estimées par parcelle.
Estimation de la proportion des feuilles tombées sur les ceps observés	Proportion de défeuillaison par parcelle

Analyses statistiques

L'essai a été considéré comme réaliste car le témoin non traité a atteint un niveau suffisant d'attaque. De même, la préparation de référence (1,5 kg de cuivre métal/ha/an sans plantes) a donné des résultats attendus en terme d'efficacité.

les variables élaborées par parcelle ont été soumises aux analyses statistiques suivantes :

Analyse de variance

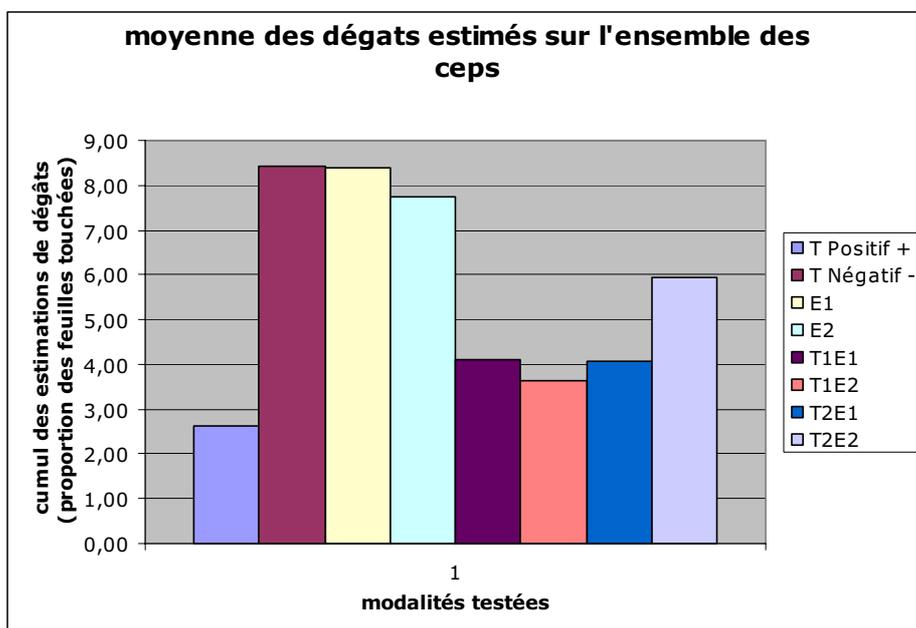
Test de DUNNET, afin de comparer les préparations de référence,

Test de NEUWMAN et KEULS, afin de comparer les préparations entre elles.

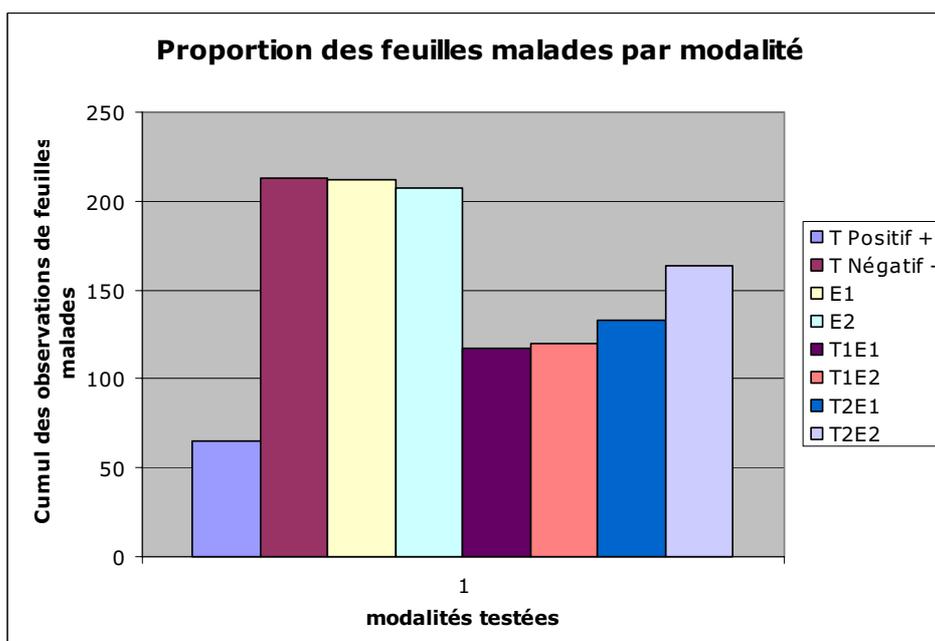
Dans le cas où les observations ne permettent qu'un classement des parcelles ou qu'une notation, on a réalisé un test de FRIEDMAN ainsi qu'un test de comparaison multiple basé sur les rangs.

Résultats :

Graphiques de synthèse des principaux résultats



Les traitements associant les macérations à base de plantes et le cuivre (T1E1, T1E2, T2E1 et T2E2) ne présentent pas de différences significatives entre eux et sont statistiquement homogènes. Les traitements à base de macérations de plantes sans cuivre (E1 et E2) ne présentent pas de différences significatives et sont statistiquement homogènes. Ces traitements (E1 et E2) sont significativement différents des traitements plantes + cuivre (T1E1, T1E2, T2E1 et T2E2). Le témoin négatif est statistiquement homogène au groupe E1 et E2. Le témoin positif est statistiquement homogène avec le groupe T1E1, T1E2, T2E1 et T2E2.



Les traitements associant les macérations à base de plantes et le cuivre (T1E1, T1E2, T2E1 et T2E2) ne présentent pas de différences significatives entre eux et sont statistiquement homogènes. Les traitements à base de macérations de plantes sans cuivre (E1 et E2) ne présentent pas de différences significatives et sont statistiquement homogènes. Ces traitements (E1 et E2) sont significativement différents des traitements plantes + cuivre (T1E1, T1E2, T2E1 et T2E2). Le témoin négatif est statistiquement homogène au groupe E1 et E2. Le témoin positif est statistiquement homogène avec le groupe T1E1, T1E2, T2E1 et T2E2.

T1E1 : 1,5 kg de cuivre métal/ha/an + macération de plantes « commerce »

T1E2 : 1,5 kg de cuivre métal/ha/an + macération de plantes « domaine »

T2E1 : 0,5 kg de cuivre métal/ha/an + macération de plantes « commerce »

T2E2 : 0,5 kg de cuivre métal/ha/an + macération de plantes « domaine »

E1 : macération de plantes « commerce » sans cuivre

E2 : macération de plantes « domaine » sans cuivre

T Positif + : témoin 1,5 kg de cuivre métal/ha/an

T Négatif - : témoin « aucun traitement »

Tableau de synthèse des résultats

		Test réalisé	Estimation des dégâts sur feuille	Surface foliaire touchée	Fréquence de feuilles touchées	Fréquence des dégâts sur grappes
Phyostimulant	Efficacité	Comparaisons multiples	- 7 X témoin positif > Ex - 1 X témoin négatif < Ex	- Pas de différence significative	- 5 X témoin positif > Ex	- 1 X témoin négatif < Ex
		Friedman	- E1 > E2	- Ex = témoin négatif	- Témoin négatif = E1	- Témoin négatif parmi les moins touchés !
	Comparaison	Comparaisons multiples	- 2 X E2 < E1 - 1 X E1 < E2 - 3 X E1 < témoin positif - 2 X E2 < témoin positif - 1 X E1 < témoin négatif - 16 X TxE2 > TxE1 - 12 X TxE1 > TxE2	- Pas de différence significative	- 6 X E2 > E1 - 5 X E1 > E2 - 2 X E1 < témoin positif - 2 X E2 < témoin positif - 5 X TxE1 > TxE2	- 1 X E1 > E2 - 4 X TxE2 > E2 - 1 X TxE2 > E1 - 1 X E2 < témoin négatif
		Friedman	- TxE2 > TxE1 - Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 4 X TxE1, 5 X TxE2, 1 X Témoin positif	- E1 = E2 - Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 5 X TxE1, 4 X TxE2, 1 X témoin positif	- E1 = E2	- TxE1 > TxE2 - Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 5 X TxE1, 4 X TxE2, 1 X témoin négatif
Phyostimulant + cuivre	Efficacité	Comparaisons multiples	- 26 X T1Ex > Ex - 23 X T2Ex > Ex	- Pas de différence significative	- 13 X TxEx > Ex - 6 X T1Ex > Ex - 7 X T2Ex > Ex - 4 X témoin positif > Ex	- 13 X TxEx > Ex - 1 X témoin négatif > Ex
		Friedman	- T1Ex > T2Ex - Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 6 X T1Ex, 2 X T2Ex, 1 X témoin positif et 1 X E1	- TxEx > Ex - Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 6 X T1Ex, 2 X T2Ex, et 1 X témoin positif	- T1Ex = T2Ex - Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 6 X T1Ex, 3 X T2Ex, et 1 X témoin positif	- T2Ex > T1Ex - Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 3 X T1Ex, 6 X T2Ex et 1 X témoin négatif
	Comparaison	Comparaisons multiples	- 6 X T1Ex > T2Ex - 1 X T1Ex > T2Ex	- Pas de différence significative	- 5 X T1Ex > T2Ex	- T1Ex = T2Ex
		Friedman	- Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 6 X T1Ex, 2 X T2Ex, 1 X témoin positif et 1 X E1	- Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 6 X T1Ex, 3 X T2Ex, et 1 X témoin positif		- Sur les 10 modalités les moins touchées, il y a 6 X T1Ex, 4 X T2Ex, et 1 X témoin négatif

Légende : Ex : préparations à base de plantes, E1 : produit commercial, E2 : produit fait sur le domaine

TxEx : préparations cuivre + plantes, T2 : 0,5 kg de Cuivre métal/ha/an, T1 : 1,5 kg de cuivre métal/ha/an

Interprétation des résultats

- Efficacité des macérations de plantes seules :

Les apports de phytostimulants seuls n'apportent pas de différences par rapport au témoin négatif.

- Efficacité des macérations de plantes associées au cuivre :

Les apports de cuivre associé aux phytostimulants sont plus efficaces que les apports de cuivre seul. Il est difficile de distinguer la différence entre les modalités à 1,5 kg de cuivre métal/ha/an et celles à 0,5 kg/ha/an.

Discussion :

Il est difficile de conclure avec certitude sur l'efficacité des préparations à base de phytostimulants. Les informations collectées permettent néanmoins de dégager quelques tendances.

En observant l'ensemble des résultats, on ne décèle pas de véritables différences entre le produit commercial et le produit fait sur le domaine. Ainsi, les vignerons qui ne souhaitent pas réaliser ces préparations peuvent trouver dans le commerce une préparation ayant une efficacité similaire. Inversement, les vignerons réalisant eux-mêmes leurs préparations peuvent obtenir des résultats similaires à ceux issus du commerce (à condition de respecter quelques règles simples de fabrication).

Au sujet des traitements combinés cuivre – phytostimulants, ils ne permettent pas d'observer des différences significatives entre les apports à 1,5 kg de cuivre métal par hectare et par an et les apports à 0,5 kg de cuivre métal/ha/an.

On peut ainsi émettre l'hypothèse que les apports de phytostimulants à base de macérations d'ortie et de prêle permettraient de réduire les doses de cuivre d'au moins 30%. En comparant avec le témoin dit positif (1,5 kg de cuivre métal/ha/an sans plante), nous avons observé une même efficacité, efficacité très satisfaisante.

Cet essai a permis de mettre en évidence le potentiel des plantes dans la recherche d'alternatives au cuivre. Il s'agirait plutôt d'une voie de diminution des doses de cuivre.

L'essai sera reconduit l'an prochain, où une comparaison entre les décoctions – ou tisane – à l'eau chaude et les macérations d'ortie sera réalisée. Nous essaierons de vérifier l'intérêt de séparer dans le temps les préparations à base de plantes et le cuivre, une application lors du même passage correspond à la réalité des pratiques.

Remerciements :

Jean BALTENWECK, vigneron Bio à Ribeauvillé pour avoir mis à disposition sa parcelle

Thiébaud RUSTERHOLTZ, stagiaire de l'ESITPA, pour avoir réalisé les traitements, les comptages et enregistré les données collectées pour faire les statistiques.

Mots-clés : Viticulture biologique, Alsace, Cuivre, Ortie, Expérimentation

Avec la participation financière de l'ONIVINS



**Institut Technique de l'Agriculture
Biologique**

149, rue de Bercy
75595 Paris Cedex 12
Tél. : 01 40 04 50 64 - Fax : 01 40 50 66
itab@itab.asso.fr
www.itab.asso.fr



**Fédération d'Agriculture Biologique de
Provence Alpes Côtes d'Azur**

Maison de la Bio - Agroparc – BP 1221
84911 Avignon cx 9
Tél. : 04 90 84 03 34 - Fax : 04.90 84 03 33
fabpaca@wanadoo.fr
www.AgricultureBio.org/paca



GRAB

Site Agroparc - BP 122 Bât B
84911 Avignon cedex
Tél. : 04 90 84 01 70
Fax : 04 90 84 00 37
secretariat.grab@freesbee.fr
http://grab.agriculturebio.org



AVAP

C/O GRAB – Site Agroparc – BP 1222 –
84911 AVIGNON CEDEX 9
Tél. : 04.90.84.01.70
Fax : 04.90.84.00.37
viticulture.grab@tiscali.fr