

# CONVERSION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

PROTECTION DU VIGNOBLE

# LE CUIVRE

EN VITICULTURE  
BIOLOGIQUE

**Le cuivre est, avec le soufre, un des produits phytosanitaires les plus anciennement utilisés.**

Cette molécule reste aujourd'hui un pilier de la lutte anti-mildiou, d'autant plus que c'est la principale substance active réellement efficace contre ce champignon en viticulture biologique.

Cependant son utilisation répétée au cours des années a un impact démontré sur le sol et l'environnement.

Pour l'instant, aucune alternative en lutte biologique efficace n'a été trouvée pour remplacer totalement l'usage du cuivre : l'heure est donc à la limitation et au raisonnement des doses afin de limiter son accumulation dans les sols.





# CUIVRE CARACTÉRISTIQUES

## CARACTÉRISTIQUES

### UN MODE D'ACTION MULTI-SITES

Quelle que soit la formulation du produit cuprique, c'est l'ion cuivreux (Cu<sup>2+</sup>) libéré en milieu aqueux qui a une action contre les champignons ou bactéries. La principale cible du cuivre est le mildiou. Le cuivre perturbe en effet les activités respiratoires, enzymatiques et membranaires du champignon. En agissant ainsi à plusieurs niveaux du métabolisme, l'ion cuivreux est dit « multi-sites », ce qui évite les risques d'apparition de résistance.

## CARACTÉRISTIQUES

### UN PRÉVENTIF STRICT

C'est principalement la spore du mildiou qui est sensible au cuivre, car elle absorbe passivement les ions Cu<sup>2+</sup> en milieu aqueux, sans pouvoir les expulser, jusqu'à dépasser le seuil de toxicité. Ceci explique le côté strictement préventif des produits cupriques sur le végétal empêchant la germination des spores. Pour être efficace, il faut donc l'appliquer avant les pluies contaminatrices qui lui permettent de se disperser. En effet, les spores de mildiou appelés zoospores ne peuvent germer et pénétrer dans les feuilles ou grappes qu'en milieu aqueux. Une fois dans les organes de la vigne, le cuivre ne peut plus bloquer le développement de la maladie.

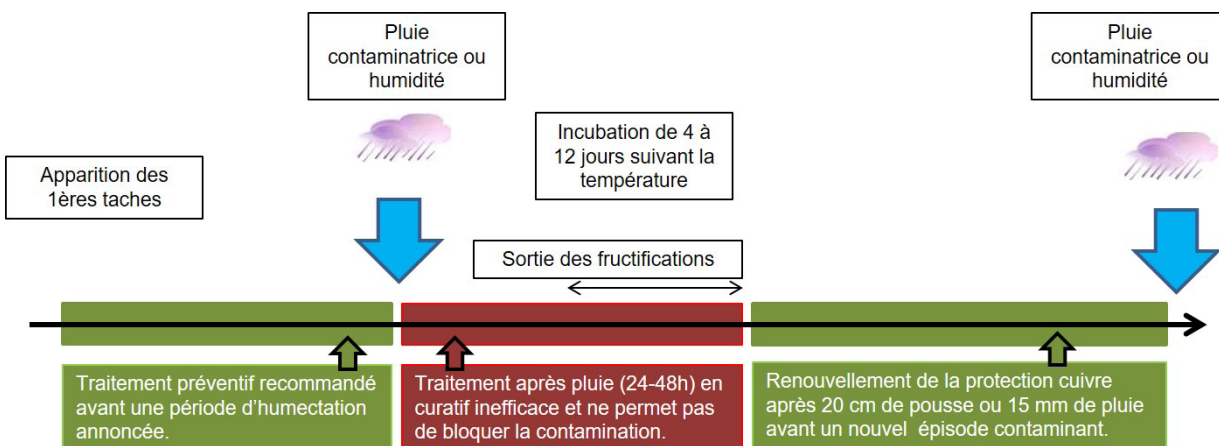


Figure 1 : stratégie de traitement avec des spécialités cupriques uniquement

## CARACTÉRISTIQUES

### UN PRODUIT DE CONTACT LESSIVABLE

Le cuivre présent dans les produits phytosanitaires n'est pas ou peu absorbé par la plante. C'est sa présence et sa répartition sur la surface des feuilles et des grappes qui va les protéger d'une éventuelle contamination en présence d'eau sous forme de pluie ou de rosée. L'ion cuivreux est très stable : il n'est ni dégradé par la chaleur ni par la lumière. Ceci a plusieurs conséquences :

> La rémanence du cuivre est très grande tant qu'il n'est pas lessivé (attention tout de même en période de croissance des rameaux : les parties néoformées ne sont pas couvertes).

> On considère que le cuivre est en grande partie lessivé à partir de 15 mm de pluie.

> Le cuivre se retrouve dans les sols et s'accumule (cf paragraphe « Toxicité du cuivre dans le sol »).

C'est pourquoi, le cuivre est soumis à des restrictions par les instances européennes et nationales. Le cuivre aujourd'hui limité à **4 kg de cuivre métal/ha/an (moyenne lissée sur 7 ans soit 28 kg/ha en 7 ans)**. Les spécialités dont l'AMM a été revue récemment ont la mention **Spe1 limitant à 4 kg/ha/an la dose totale de cuivre métal épandu**.

SOURCE : VITICULTURE N°115, 2012, CA PAYS DE LA LOIRE

## RAPPEL

-La dose apportée est sans effet sur la cinétique de lessivage (le pourcentage de cuivre lessivé est constant pour 600gr, 1200gr ou 1500gr).

-L'intensité de la pluie est sans effet sur le lessivage (la quantité résiduelle de cuivre est quasiment identique pour des pluies de 15, 35, 60 ou 90 mm/h).

-La répartition des pluies est sans effet sur le lessivage (la quantité résiduelle de cuivre est la même pour une pluviométrie de 30mm ou 3x10mm).

-Le délai entre le traitement et la pluie est sans effet sur le lessivage (la quantité résiduelle de cuivre reste la même pour un délai de 2h ou de 7j).

>Seule la pluviométrie conditionne le lessivage du cuivre

# CUIVRE LES DIFFÉRENTS CUIVRES

L'efficacité des produits cupriques contre le mildiou réside dans leur capacité à libérer les ions  $\text{Cu}^{2+}$  lors d'un épisode pluvieux. Or les produits commerciaux cupriques ne contiennent pas tous la même forme de cuivre. Celle-ci dépend de la méthode d'extraction et d'une éventuelle neutralisation. Il en existe 5 présentées dans la figure ci-dessous :

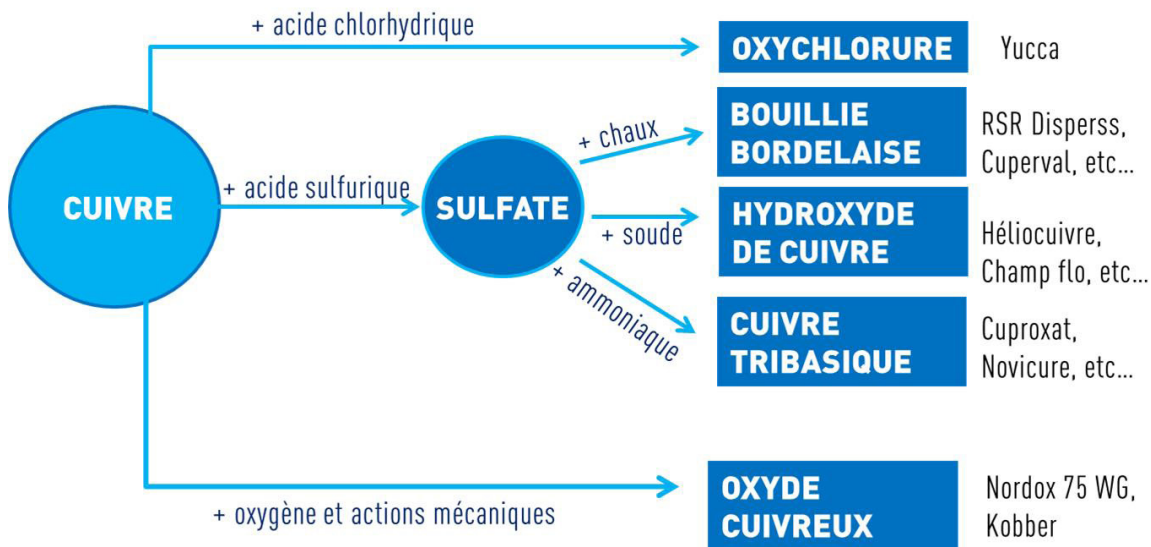


Figure 2 : représentation de l'obtention des différentes formes de cuivre et leurs correspondances commerciales

Beaucoup d'études ont été réalisées afin de comparer les différentes formes de cuivre et leurs capacités à libérer rapidement ou non les ions  $\text{Cu}^{2+}$ . Les conclusions sont communes :

- absence de différence d'action entre les différentes formes de cuivre,
- absence d'une meilleure protection par le mélange de différentes formes de cuivre.

Seul le degré de pureté des hydroxosulfates (sulfate + chaux) contenus dans les bouillies bordelaises peut avoir un impact sur la qualité de la bouillie. En effet, c'est la forme cristallo-

graphique brochantite qui s'avère être la plus active. Il faut donc favoriser les bouillies bordelaises contenant une grande part de cette forme. Les autres complexes cupriques formés lors de la réaction de neutralisation sulfate avec la chaux (devellite, posnjakite et antlérite) ne sont pas souhaités ainsi que les coproduits de la réaction (gypse et bassanite), qui participent à la mauvaise dispersion de la bouillie dans l'eau, à la formation de dépôt collant dans la cuve voire à l'apparition de brûlures sur feuilles.

## VRAI/FAUX

L'hydroxyde de cuivre libère plus rapidement les cations  $\text{Cu}^{2+}$  qu'une bouillie bordelaise : **FAUX**

Il est conseillé de mélanger de l'hydroxyde de cuivre avec du sulfate de cuivre pour obtenir une meilleure protection : **FAUX**

Toutes les bouillies bordelaises contiennent les mêmes complexes cupriques et ont donc la même efficacité : **FAUX**

Les cuivres tribasiques ne contiennent que le complexe cuprique brochantite : **VRAI**



MILDIU SUR INFLORESCENCE : DÉFORMATION EN CROSSE ET ROUGISSEMENT



ROT GRIS SUR GRAPPE



ROT BRUN SUR GRAPPE : DÉPRESSION SUR LA BAIE EN FORME DE COUP DE POUCE

## POUR CONCLURE

Pour conclure, ce sera davantage la formulation et les co-formulants des spécialités cupriques formulées qui induiront des différences d'action et non les différentes formes. Les co-formulants agissent sur la dispersion (pour éviter les bouchages et assurent une meilleure homogénéisation de la bouillie). Ils peuvent permettre également l'étalement de la bouillie (grande surface de contact = meilleure couverture) ainsi que le profil granulométrique (pour éviter le risque de phytotoxicité dans le cas de particules trop fines).



## QU'EST-CE QU'UNE DOSE EN CUIVRE MÉTAL

La dose en cuivre métal est la quantité de cuivre réellement épanchée sur la vigne : tous les produits n'ont pas la même concentration, elle peut varier de 190 g/l à 750 g/kg de produit formulé.

**Cette quantité est calculée par l'opération suivante :**

Quantité de produit (kg/ha) x concentration en cuivre métal (g/kg ou g/l).

Comme le cuivre métal est la molécule active des traitements, on raisonne la lutte anti-mildiou avec cette unité, sachant qu'il ne faut pas dépasser les 4000 g de cuivre métal/ha/an (moyenne sur 7 ans). Selon le produit, la dose de cuivre métal apportée lors d'un traitement anti-mildiou à la pleine dose peut s'étaler entre 540 et 5000 g de cuivre métal ! Ce sont les produits récents qui correspondent aux plus faibles doses homologuées à ne pas dépasser à chaque application.

## CUIVRE

## LES STRATÉGIES

## STRATÉGIE

### QU'EST-CE QUI CARACTÉRISE UNE PARCELLE SENSIBLE ?

#### Le cépage

Les cépages les plus sensibles sont les grenaches. Ensuite viennent les marselan, chardonnay, merlot, cabernet, carignan puis les muscats, la syrah et enfin le mourvèdre.

#### La zone géographique

Certaines zones géographiques plus humides au printemps subissent plus souvent de fortes attaques de mildiou, notamment les zones littorales et les reliefs (massif des Albères notamment et le haut Fenouillèdes).

#### La topographie

Les zones de bas-fonds où l'eau stagne amènent une plus grande sensibilité.

#### La vigueur

Plus une vigne est vigoureuse et poussante, plus elle sera sensible au mildiou (par entassement de la végétation).

Certains gestes peuvent diminuer la sensibilité de la parcelle au mildiou : l'épamprage du bas de la souche (limite les foyers primaires) mais aussi tout ce qui réduit la vigueur de la vigne et l'humidité des parcelles.

Dans le département, nous avons ainsi tous les cas de figure : des parcelles très sensibles de grenache dans les Albères et des parcelles de coteaux de syrah où aucune tache n'a été observée.

## STRATÉGIE

### LE RAISONNEMENT DES TRAITEMENTS SE FAIT EN FONCTION DE PLUSIEURS CRITÈRES :

- > La réactivité dans la mise en œuvre de l'intervention avant un épisode contaminant (pluie, humectations matinales),
- > La sensibilité de la parcelle,
- > La météorologie printanière qui donne la maturité des œufs d'hiver et le potentiel de contaminations pré-épidémiques,
- > La prévision des épisodes contaminants,
- > Les observations des foyers primaires (sorties de taches),
- > La modélisation d'Outils d'Aide à la Décision comme Milstop et Potentiel Système qui sont utilisés et en cours d'étude dans différentes régions. L'objectif est de valider les données mathématiques de ces modèles afin de conforter au champ les valeurs de risques analysées et indiquées par les modèles (risques de présence et d'évolution de la maladie au cours de campagne) par l'observation et la surveillance des parcelles. Nécessité de mise en place d'une protection préventive,
- > La facilité ou non pour l'applicateur de passer rapidement dans les parcelles en condition humide,
- > La quantité de cuivre déjà appliquée.

## STRATÉGIE

### QUAND DÉBUTER ?

Dans tous les cas, traiter en préventif avant l'évènement contaminant, et non après la pluie, en présence de symptômes ou si il y a une sortie de foyers primaires confirmée (Figure 3). À l'inverse, traiter trop tôt est synonyme de traitement superflu. Pour prendre la décision, il faut tenir compte de tous les critères indiqués précédemment. L'information contenue dans les avertissements phytosanitaires sera alors très précieuse, il faudra notamment guetter l'apparition des premières taches dans le département et dans l'environnement proche.

Attention, contrairement au soufre, les risques de phytotoxicité au cuivre augmentent lors de conditions **froides et humides** (lésions brunâtres sur feuilles (photo ci-contre) et sur baies) avec une finesse de particules de cuivre métal inférieure à 10 microns.





Comment définir globalement la date du 1<sup>er</sup> traitement en fonction des conditions climatiques hivernales pour des parcelles de sensibilité moyenne ?



Cette stratégie globale doit être modulée en fonction des particularités des parcelles :  
 • parcelles difficiles d'accès (faible portance, fortes pluies) ou à microclimats favorables à la maladie, raisonner comme en année à risque fort ;  
 • parcelles peu sensibles, raisonner comme en année à risque faible.

\* La durée d'incubation annoncée concerne les feuilles, elle est de 30 à 50% plus longue sur inflorescences et grappes

Figure 3 : représentation du choix de la date de premier traitement en fonction des conditions climatiques pour des parcelles de sensibilités moyennes

## STRATÉGIE QUAND RENOUVELER ?

Pour le cuivre, la rémanence d'un produit de contact n'est pas le critère à retenir. Sans humidité ou lessivage, il reste présent sur le végétal, là où il a été déposé. Le renouvellement se fait :

- > Si la vigne a poussé depuis le dernier traitement (15 cm de pousse qui correspond à 8 jours environ en période de croissance).
- > Si le cuivre a été lessivé (à partir de 15 mm).

Ce renouvellement est superflu tant que le temps est sec : il faudra alors renouveler à l'approche d'une autre pluie ou par temps humide (rosée, brouillard persistant...) en présence de symptômes.

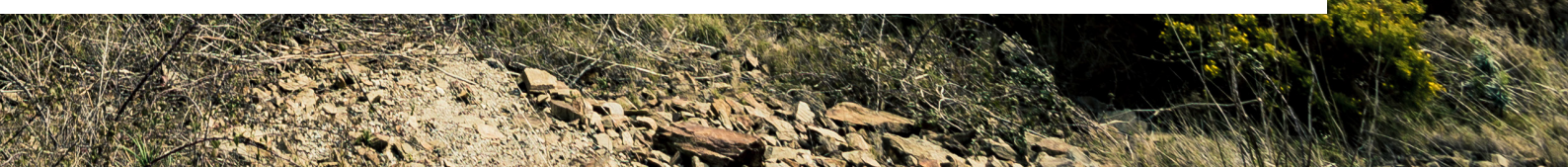
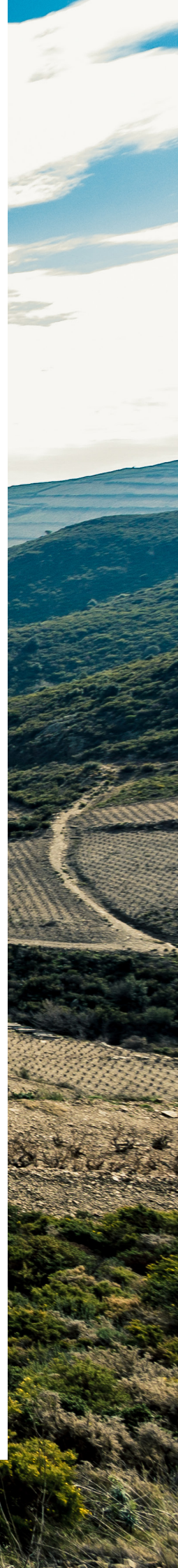
## STRATÉGIE QUAND S'ARRÊTER ?

Les baies peuvent extérioriser les symptômes jusqu'à la véraison. Cependant, la période de forte sensibilité se situe de l'apparition des grappes à nouaison. De plus, à partir de mi-juin, le temps se met souvent au sec voire au très sec complété par des épisodes venteux et les traitements peuvent être arrêtés en zone méditerranéenne (exceptions récentes : 2018 et 2020). Le feuillage, lui, est réceptif jusqu'aux vendanges voire au-delà et dans certaines situations sont sensibles au mildiou tardif « mosaïque ». Un traitement cuprique peut être appliqué lors de l'arrêt de croissance dans ce cas (souvent fin juin-juillet). Le cas particulier des plantiers qui poussent jusqu'à l'automne doit être traité à part en couvrant la vigne par des traitements cupriques au moins jusqu'à la fin août (si le temps est humide).



MILDIU SUR FEUILLE FACE SUPÉRIEURE      MILDIU SUR FEUILLES FACE INFÉRIEURE      MILDIU MOSAÏQUE

**ET EN SUISSE...**  
 Une étude suisse portant sur l'observation des stomates de grappes (Chasselas, Merlot), par microscopie électronique, met en avant la résistance ontogénique des grappes au mildiou en cours de saison : les grappes deviennent résistantes au mildiou dès la fin de la floraison. En effet, les stomates, à partir de ce stade, ne sont plus fonctionnels, empêchant la germination des zoospores de mildiou. Cela supposerait que les symptômes tardifs de la maladie, tel que le rot brun, se développe de façon systémique dans les tissus verts de la vigne à partir des vrilles, des feuilles ou des tiges (Gindro et al., 2012).





## QUELLES DOSES UTILISER ?

La dose de cuivre métal à utiliser va aussi dépendre de plusieurs critères :

- > la qualité de la pulvérisation,
- > Sensibilité de la parcelle (humidité, vigueur),
- > Stade phénologique et volume de végétation,
- > Pression de la maladie et présence de mildiou dans l'environnement proche de la parcelle,
- > Météorologie prévue (perte de 25 à 40% de cuivre dès 2 mm de pluie, 60% à 5 mm de pluie et ce peu importe la dose),
- > La dose peut ainsi s'étaler de 150 à 800 g de cuivre métal selon les cas. Il faut être particulièrement vigilant autour de la floraison-nouaison.

Il est à noter que quelle que soit la hauteur de la pluie, il y a toujours une partie du cuivre qui n'est pas lessivée. Il y a donc un effet cumulatif de ces reliquats sur la vigne, au cours de la campagne. Il y aura également une quantité de cuivre parmi celle appliquée qui ne sera jamais disponible.

Des essais de réductions de doses menés entre 2001 et 2006 par l'ITAB et par la Chambre d'Agriculture de Loire-Atlantique en 2012 tendent à démontrer l'efficacité sur le mildiou de doses inférieures à 500gr de cuivre métal (300gr notamment). La diminution des doses de Cu peut entraîner cependant :

- Une baisse d'efficacité des traitements en fréquence mais non en intensité,
- Une augmentation de la variabilité des résultats (prise de risque),
- La présence inévitable de mildiou sur feuilles et sur grappes en cas de forte pression.

### CUIVRE

## ET LES PRODUITS ALTERNATIFS ?

Le cuivre est donc une substance active soumise à substitution, beaucoup de firmes et d'instituts de recherche cherchent des produits alternatifs biologiques efficaces. Pour l'instant, aucun produit d'biocontrôle ne présente une efficacité suffisante en utilisation seule. Ils sont pour le moment à recommandés en association. Certains présentent une efficacité limitée mais reconnue pouvant compléter une réduction de dose du cuivre en situation de faible pression (huiles essentielles d'agrumes, préparations à base d'extrait de plantes (PNPP) : purin de prêle et d'ortie, écorce de saule...). D'autres, en cours d'essai, présentent des résultats prometteurs (extrait de Yucca, huile végétale et extrait d'ail, extrait de sauge, lipopeptides bactériens...) (Dagostin et al., 2011).

### CUIVRE

## TOXICITÉ DU CUIVRE DANS LE SOL

Dès 2003, une étude de l'INRA de Dijon avait montré une corrélation négative entre abondance de la biomasse microbienne du sol et la quantité résiduelle de cuivre dans le sol. Localisé dans les dix premiers centimètres du sol s'il y a un couvert végétal, 99% du cuivre appliqué reste dans le sol fixé à la matière organique (projet PACOV, 2017). Au-delà de 150-200 ppm, le cuivre peut aggraver champignons et bactéries (teneurs en cuivre des sols viticoles comprises entre 200 et 300 ppm).

Il n'est cependant pas observé une disparition de la biomasse microbienne mais plutôt une sélection des souches les plus résistantes. D'autres pratiques viticoles affectent également la diversité microbienne : fongicides, herbicides et travail trop profond du sol impactent négativement la biomasse microbienne ; l'enherbement la favorise au contraire ; la nature des matières organiques joue aussi sur le rapport champignons / bactérie.

Des projets de phyto-extractions (accumulation dans la plante de contaminants présents dans les sols qui s'accumulent dans les racines et/ou les parties aériennes des plantes) sont en cours notamment avec des essais de semis de moutarde brune et soucis réalisés par la Chambre d'Agriculture de l'Yonne.

Se référer à la partie « Stratégie » de la fiche afin de raisonner au mieux l'apport cuprique.

### CUIVRE

## LES AUTRES ACTIONS DU CUIVRE

Le cuivre a d'autres cibles que le mildiou : il a une action secondaire sur l'oidium en limitant notamment les cléistothèces (une des formes de conservation hivernale du champignon). De plus, c'est le seul produit avec un effet freinant sur la pourriture acide. Pour une parcelle sensible, il est conseillé d'effectuer deux traitements à 400g de cuivre métal au niveau des grappes juste avant la fermeture de la grappe et à véraison. Attention, le DAR de la plupart des cuivres est de 21 jours et il est démontré l'impact négatif du cuivre sur thiois variétaux notamment pour les cépages comme le Sauvignon, Colombard, Manseng lors de traitements tardifs (Dufourcq, 2018)). Le cuivre est homologué contre la nécrose bactérienne à des doses de 4000gr de cuivre métal. Enfin, le cuivre a aussi, en association avec le soufre, une action sur le Black Rot en positionnement préventif des épisodes contaminants dans la période d'installation et de forte sensibilité de la vigne à la maladie. Des spécialités sont aujourd'hui homologuées (BB Caffaro WG à 5 kg/ha ; Cuprocol Duo, Airone SC, Grifon SC de 2 à 2,5 kg/ha entre les stades 3 feuilles étalées et avant véraison) pour lutter contre cette maladie.

Parcelle sensible		Parcelle peu sensible	
Faible pression	Forte pression	Faible pression	Forte pression
<b>Pré-nouaison</b>			
200-600	600-800	200-300	400-600
<b>Post-nouaison</b>			
300-400	600	150-300	400

Tableau 1 : Doses de cuivre métal (en g/ha) en fonction du lessivage, de la sensibilité du cépage, des épisodes contaminants de la maladie (voir les avertissements agricoles) et du stade végétatif.



# CONVERSION

## EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

## CONTACTS

APPUI TECHNIQUE VITI

**Antoine CUEGNIET**

[a.cuegniet@pyrenees-orientales.chambagri.fr](mailto:a.cuegniet@pyrenees-orientales.chambagri.fr)

06 32 99 24 06



### CRÉDITS

©Photo : CA 66, Ephytia.fr, institut-inra.fr

Sources : Guide des vignobles 2018

Avec  
la contribution  
financière du compte  
d'affectation spéciale  
développement  
agricole et rural  
CASDAR



**MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*