

Rapport technique d'expérimentation - Viticulture – 2020 - V20AURA0331

Mildiou de la vigne en viticulture biologique : alternatives au cuivre

GRAB : Claude-Éric Parveaud, Maxime Jacquot, Valentine Juan
Cave de Die Jaillance : Juan Ferreyra, Nicolas Fermond

RESUME

Quatre produits alternatifs ont été testés en condition semi-contrôlé dans un vignoble à Espenel : le chitosan, le vinaigre, le savon noir et la décoction de Prêle. Le cumul des précipitations entre mai et septembre a été de 284mm avec des risques de contamination plus marqués lors des premières quinzaines de mai et juin, et très ponctuellement en juillet et août. Une inoculation a été réalisée et la brumisation a été maintenue pendant 50 jours. Au 1er septembre avant vendange, la fréquence des dégâts sur grappe atteint 50% sans traitement, 30% en utilisant une faible dose de cuivre (0,6kg Cu métal / saison) et 20% dans la référence régionale (2,4kg Cu métal / saison). Le niveau de pression est moyen. Dans ces conditions, la modalité à base de chitosan sans cuivre n'est pas significativement différente du témoin non traité. Aucune phytotoxicité n'a été observée. Le mélange de Chitoplant à 5g/L avec du cuivre à 100g/L entraîne sa précipitation dans la bouillie. Les deux applications ont donc été réalisées séparément. La fréquence des dégâts est identique quelque soit la quantité de cuivre utilisée (100g ou 400g de Cu métal / application). L'ajout de savon noir, de chitosan, de vinaigre ou d'une décoction de Prêle à une faible dose de cuivre ne permet pas d'améliorer significativement l'efficacité de la protection phytosanitaire par rapport à une faible dose de cuivre seule.

1 – ENJEUX ET CONTEXTE

Comme le souligne la récente étude bibliographique de Lamichhane *et al.* (2018), les principaux avantages des produits à base de cuivre sont la toxicité relativement élevée du cuivre sur les agents pathogènes des plantes, leur faible coût, la faible toxicité pour les mammifères des composés de cuivre fixés, ainsi que leur stabilité chimique et leurs effets résiduels prolongés. Les principaux inconvénients des produits à base de cuivre sont la phytotoxicité, le développement de souches résistantes au cuivre, l'accumulation dans le sol et les effets négatifs sur le biote du sol ainsi que sur les paramètres de qualité des aliments.

Par ailleurs, les pressions réglementaires exercées dans l'agriculture à travers le monde pour limiter l'utilisation de produits à base de cuivre ont entraîné plusieurs restrictions réglementaires.

En viticulture biologique, la protection contre le mildiou est principalement basée sur l'utilisation de composés à base de cuivre. La viticulture biologique est donc très dépendante de son usage.

Depuis plusieurs années, le GRAB contribue à la recherche d'alternative à l'utilisation du cuivre en viticulture biologique, en collaboration avec des acteurs de l'expérimentation et les professionnels de la filière viticole.

2 - OBJECTIF

L'objectif de l'essai est d'évaluer l'efficacité en plein champ de stratégies permettant de limiter l'utilisation du cuivre pour contrôler le mildiou de la vigne en viticulture biologique. Les produits alternatifs testés en 2020 sont le savon noir, le vinaigre blanc, la décoction de prêle et le chlorhydrate de chitosan.

3 - METHODOLOGIE

3.1 - Localisation et environnement

- Parcelle producteur localisée à Espenel dans le Diois (Drôme).
- Cépage : Muscat petit grain
- Année de plantation : 2002
- Distance de plantation : 2,3 x 0,9 m
- Parcelle en pente orientée Est ; localisée près d'une rivière
- Parcelle ayant une sensibilité connue au mildiou

3.2 - Dispositif expérimental

- Dispositif constitué de 8 modalités et 6 blocs (figure 1). La parcelle expérimentale est la partie sud d'une parcelle de plus grande taille. Les blocs sont disposés perpendiculairement à la pente (bloc 1 en bas de pente). Chaque bloc comprend 8 modalités.
- Chaque parcelle élémentaire est composée de 8 à 9 ceps. Il y a 6 parcelles élémentaires par modalité. Chaque parcelle élémentaire est encadrée à ses deux extrémités par 2 à 3 ceps non traités afin de favoriser un développement homogène du mildiou sur la parcelle.

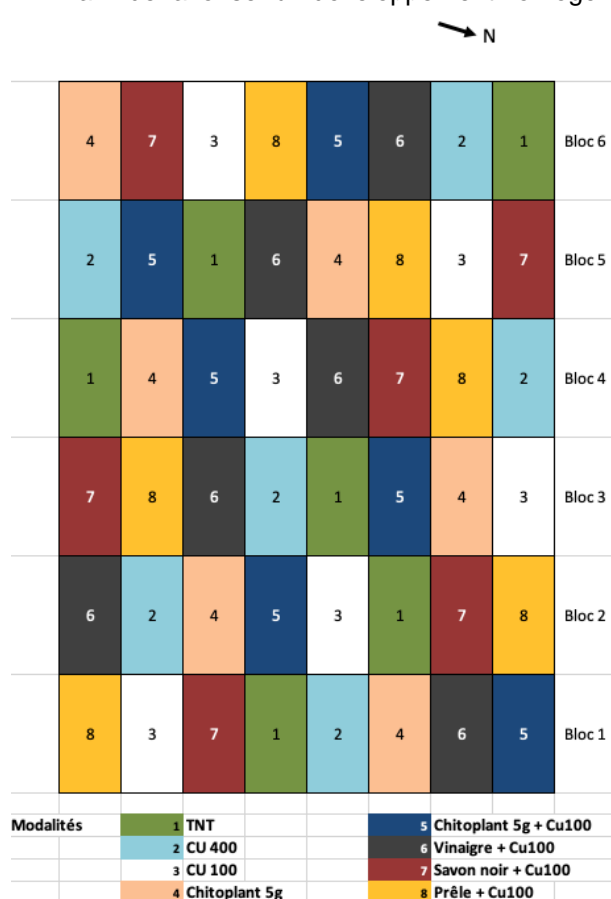


Figure 1 : Plan de la parcelle expérimentale en 2020. Les parcelles élémentaires sont séparées par 2 à 3 ceps non traités.

3.3 - Modalités

Les 8 modalités évaluées en 2020 sont détaillées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Doses de cuivre et de produits alternatifs employées lors de chaque application.

N°	Nom de la modalité	Abréviation	Dose de cuivre	Dose de produit alternatif
N°1	Témoin non traité	TNT	0	0
N°2	Référence régionale	Cu400	400g Cu / ha	0
N°3	Cuivre faible dose	Cu100	100g Cu / ha	0
N°4	Chitoplant®	Chitoplant	0	5g / L
N°5	Chitoplant® et cuivre faible dose	Chitoplant+Cu100	100g Cu / ha	5g / L
N°6	Vinaigre blanc AB et cuivre faible dose	Vinaigre+Cu100	100g Cu / ha	0,5% d'acide acétique, soit 6,3% de vinaigre à 8°
N°7	Savon noir et cuivre faible dose	Savon noir+Cu100	100g Cu / ha	1.0%
N°8	Décoction de Prêle et cuivre	Prêle+Cu100	100g Cu / ha	100 mL / L (10%)

	faible dose			
--	-------------	--	--	--

- Le volume de bouillie pulvérisé est de 150 L/ha pour toutes les modalités. Les pulvérisations sont réalisées avec un atomiseur à dos (modèle Solo 450). Le débit du pulvérisateur a été vérifié en début de saison.
- La préparation de la bouillie a été réalisée sur le terrain avant la réalisation des traitements. Le pH de l'eau n'a pas été ajusté.
- Le nom et la composition des produits utilisés sont :

Kocide 2000

Société : Certis
Formulation : poudre
Composition : 35 % hydroxyde de cuivre

Chitoplant®

Société : ChiPro GmbH
Formulation : poudre
Composition : 100% Chlorhydrate de chitosan soluble

Vinaigre blanc bio

Société : BioFuchs
Formulation : liquide
Composition : 8° d'acidité

Savon noir Savologic

Société : Koppert
Formulation : liquide
Composition : eau (>30%), acide gras d'huile d'olive et d'huiles de lin (15-30%), hydroxyde de potassium (<5%), tetrasodium glutamate diacetate (<5%).

Décoction de Prêle

Société : Purin d'ortie et Cie (www.purindortie-bretagne.com)
Formulation : liquide
Composition : prêle des champs, eau, conservateurs naturels

Le choix des produits alternatifs testés a été réalisé sur la base des premiers résultats expérimentaux déjà obtenus, et des souhaits exprimés par la Cave de Die et les viticulteurs rencontrés lors des journées d'échange techniques.

3.4 – Conduite de la parcelle

La conduite de la parcelle (entretien du sol, protection phytosanitaire, fertilisation, taille, etc.) respecte le cahier des charges de l'Agriculture Biologique. Hormis le programme de protection contre le mildiou, les opérations culturales sont identiques sur l'ensemble de la parcelle expérimentale. Les traitements au soufre mouillable pour contrôler l'oïdium sont identiques entre les modalités et sont précisés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Nature et dosage des traitements anti-oïdium réalisés sur la parcelle expérimentale en 2020. Aucun poudrage n'a été réalisé en 2020. Le soufre mouillable a été à un volume de 150 L/ha.

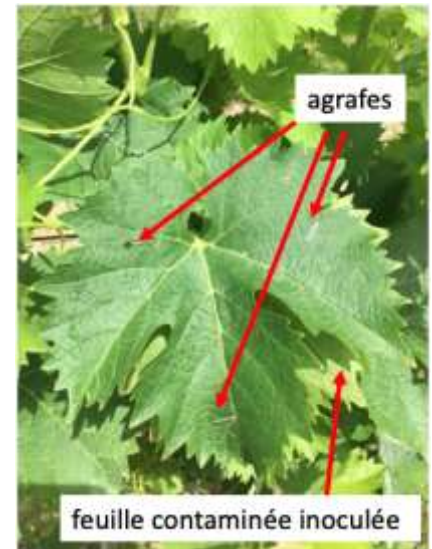
Date	Nature du produit	Dose
28/05/20	Microthiol	10 Kg / ha
08/06/20	Microthiol	10 Kg / ha
18/06/20	Microthiol	10 Kg / ha
03/07/20	Microthiol	10 Kg / ha
16/07/20	Microthiol	10 Kg / ha

29/07/20	Microthiol	10 Kg / ha
----------	------------	------------

3.5 – Brumisation et inoculation

La station de brumisation présente sur la parcelle a été mise en fonctionnement du 19/05 au 06/06 (18 jours) puis du 18/06 au 20/07 (32 jours), soit une durée totale de 50 jours durant la saison 2020. La brumisation a été réalisée durant la nuit de 4h00 à 7h00. La séquence de brumisation est la suivante : brumisation sur deux rangs pendant 7mn, arrêt de 8mn (remplissage cuve), brumisation de 7 min des 2 rangs suivants, etc., soit 1h pour un cycle complet comprenant les 4 vanes et 8 rangs, répété 4 fois jusqu'à 7h00. Le temps de brumisation théorique est de 7 min, mais la mise en pression du réseau dure approximativement 1min 30s : le temps de brumisation réel est donc de 5min 30s x 4 cycles = 22 min / nuit. Le volume d'eau théorique apporté par nuit est de 6,2mm (calcul basé sur le débit des brumisateurs).

L'inoculation de mildiou a été réalisé le 18/06. Une feuille contaminée par zone non traitée (en bordure et entre deux parcelles élémentaires) a été agrafée sur un des ceps sur la face inférieure d'une feuille. Les feuilles contaminées ont été prélevées le jour même, dans une parcelle non traitée.



3.6 – Variables agronomiques mesurées

Des contrôles visuels sur le terrain ont été réalisés :

- Notation sur feuilles : fréquence (% de feuilles touchées) et intensité d'attaque (% de la surface touchée). Comptage sur 49 feuilles par parcelle élémentaire (7 feuilles x 7 ceps), soit 294 feuilles / modalité.
- Notation sur grappes : fréquence (% de grappes touchées) et intensité d'attaque (% de la surface touchée). Comptage sur 35 grappes par parcelle élémentaire (5 grappes x 7 ceps), soit 210 grappes / modalité.

3.7 – Analyse des données et interprétations des résultats

L'analyse AUDPC permet de quantifier les dégâts sur l'ensemble de la saison, depuis l'apparition des premières taches jusqu'à la dernière date d'observation.

L'intensité et la fréquence des symptômes de mildiou observés sur feuille et sur grappe ont été analysées par analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel R (4.0.3). Les comparaisons multiples entre modalités ont été analysées par le test de Kruskal-Wallis en retenant une valeur seuil de 5%.

4 - RESULTATS

4.1 - Conditions climatiques, risques d'infection et réalisation des traitements

- Le cumul des précipitations sur la parcelle expérimentale entre le 01/05/20 et le 15/09/20 est de 284mm. Les deux périodes de brumisation ont apporté un volume d'eau théorique de 112mm et 198mm, respectivement.

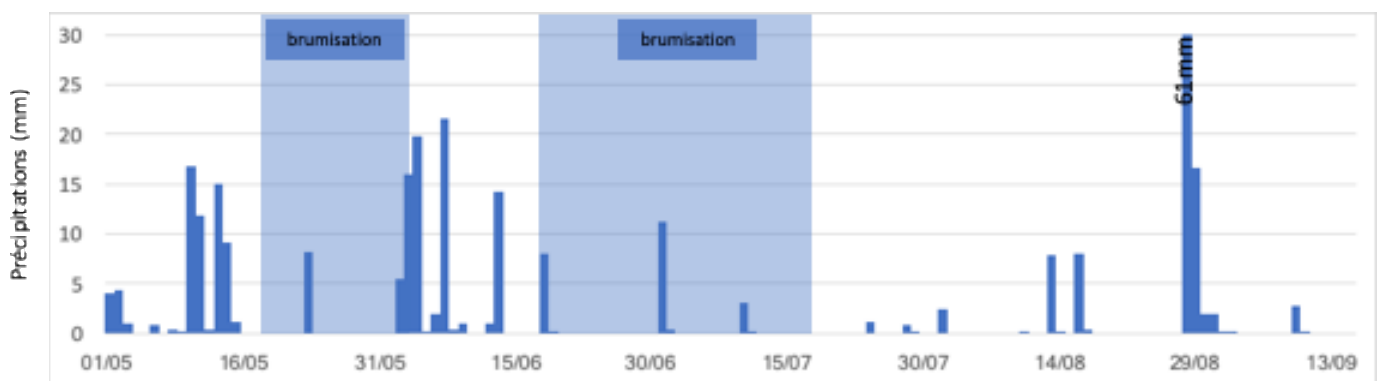


Figure 2 : Précipitations enregistrées entre le 01/05/20 et le 15/09/20 sur la parcelle expérimentale. Station iMetos IMT200 (PESSL®) localisée à 25m de la parcelle expérimentale.

- Les risques de contamination de mildiou (sans prendre en compte la brumisation) ont été évalués grâce au modèle Rim Pro (www.rimpro.eu) à partir des données météorologiques enregistrées sur la parcelle expérimentale (figure 3). L'essentiel des risques de contamination d'origine naturel prédit par le modèle se concentre mi- mai et la première quinzaine du mois de juin. Des risques moyens à importants ont été observés tous les 15-20 jours entre mi-juin et fin août.

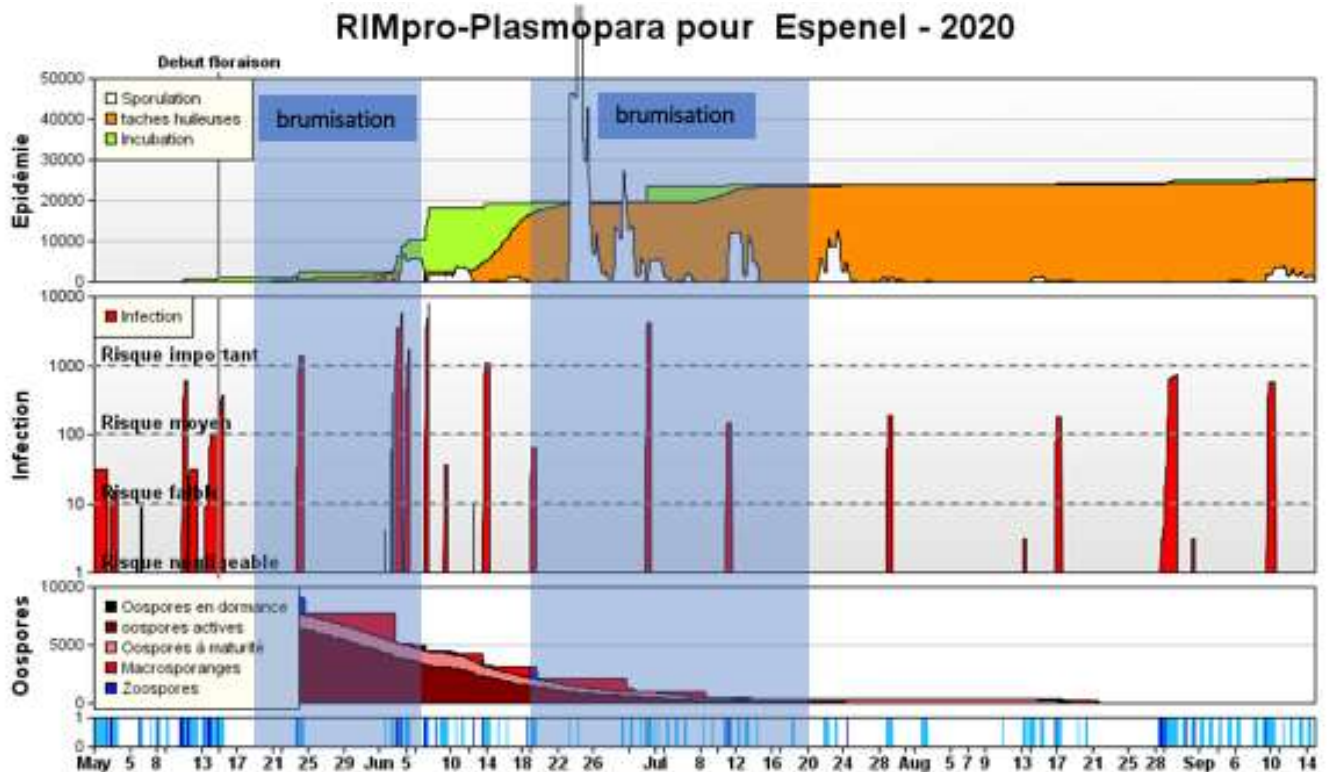


Figure 3 : Dynamique des infections de mildiou d'après le modèle Rim Pro. Le modèle utilise les données météorologiques enregistrées sur la parcelle par la station iMetos IMT200 (Pessl). NB : Ces données ne prennent pas en considération les risques de contamination liées à la brumisation.

- Dans la parcelle expérimentale, la première tâche de mildiou sur feuille a été observée le 15/06/20.

- Durant la saison 2020, 6 applications ont été réalisées : le 28/05, 08/06, 18/06, 03/07, 16/07, 29/07. Le nombre de traitements, les quantités annuelles de cuivre et le pH de la bouillie pulvérisée sont précisés dans le tableau 3. Le pH de l'eau seule est de 7,8.

Tableau 3 : Quantité annuelle de cuivre métal appliquée et nombre d'applications pour la protection contre le mildiou

	Modalités	Quantité totale de cuivre métal/ha	Nombre de traitement au pulvérisateur	pH de la bouillie
N°1	TNT	0	0	-
N°2	Cu400	2.4 Kg / ha	6	8,6
N°3	Cu100	0.6 Kg / ha	6	8,0
N°4	Chitoplant	0	6	non mesuré
N°5	Chitoplant+Cu100	0.6 Kg / ha	6	non mesuré
N°6	Vinaigre+Cu100	0.6 Kg / ha	6	4,0
N°7	Savon noir+Cu100	0.6 Kg / ha	6	8,5
N°8	Prêle+Cu100	0.6 Kg / ha	6	7,2

4.2 Intensité des dégâts sur feuille

En fin de saison (01/09/20), l'intensité des dégâts sur feuille est comprise entre 5% (Prêle+Cu100) et 17% (témoin non traité). L'intensité des dégâts augmente fortement au mois de juillet sur l'ensemble des modalités, et plus particulièrement sur le témoin non traité (Figure 4 gauche). La diminution de l'intensité des dégâts observés le 04/08 sur l'ensemble des modalités peut être expliquée par deux éléments : (1) une chute d'une partie des feuilles les plus contaminées au mois de juillet et (2) par l'impact de l'écimage, entraînant la suppression des jeunes feuilles les plus contaminées.

Sur l'ensemble de la saison 2020, les deux modalités à base de chitosan ne se distinguent pas du TNT (Figure 4 droite). L'ajout d'un produit alternatif ne permet pas d'améliorer significativement l'efficacité observée avec une faible dose de cuivre. L'efficacité de la référence cuivre n'est pas supérieure à celle de la faible dose de cuivre.

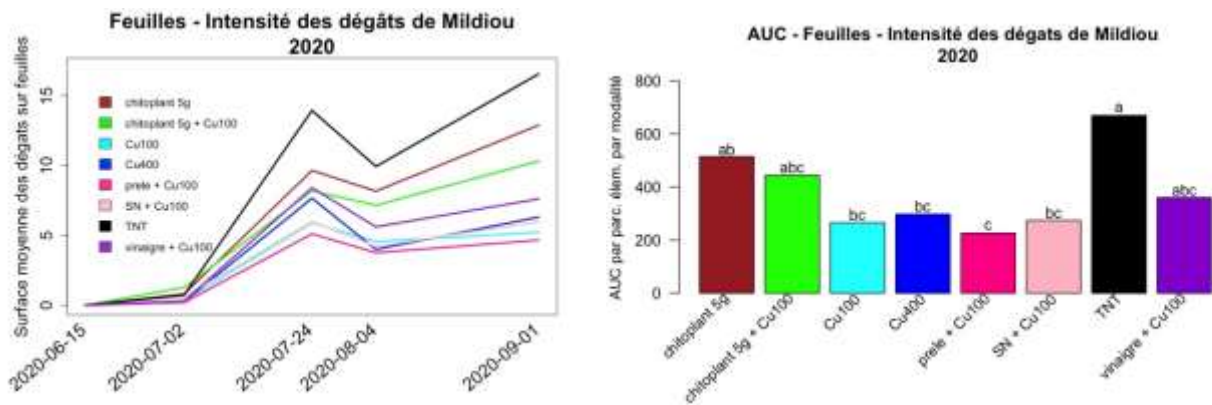


Figure 4 : Évolution de l'intensité moyenne des dégâts de mildiou sur feuilles en pourcentage (gauche) et AUDPC moyenne de l'intensité des dégâts sur feuilles entre le 15/06/2020 et le 01/09/2020 (droite).

4.3 Fréquence des dégâts sur feuille

En fin de saison (01/09/20), la fréquence des dégâts sur feuille varie entre 20% (Prêle+Cu100, Cu100 seul) et 47% (TNT). Une forte augmentation de la fréquence des dégâts est observée en juillet (figure 5 gauche). Trois groupes statistiques se distinguent. Les modalités Cu400 et Cu100 ne sont pas significativement différentes.

Sur l'ensemble de la saison 2020, les deux modalités à base de chitosan ne se distinguent pas du TNT (Figure 5 droite). L'ajout d'un produit alternatif ne permet pas d'améliorer significativement l'efficacité observée avec une faible dose de cuivre. L'efficacité de la référence cuivre n'est pas supérieure à celle de la faible dose de cuivre.

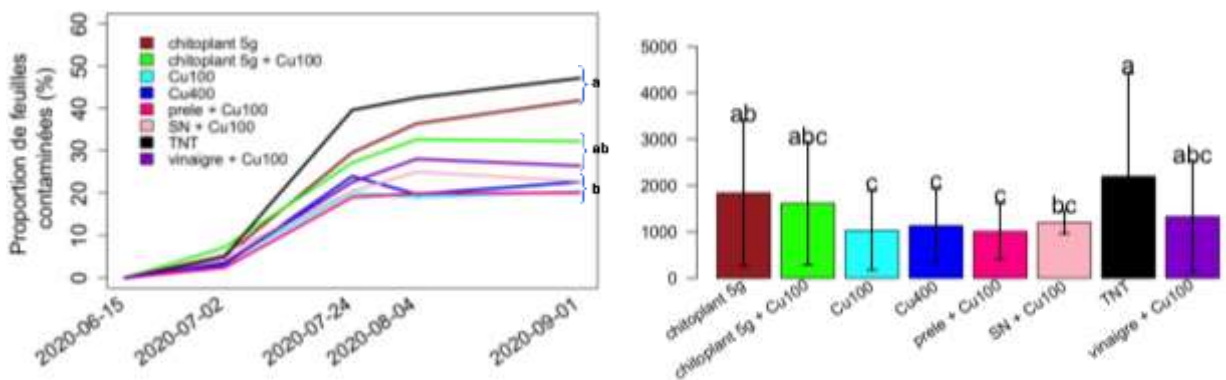


Figure 5 : Évolution de la fréquence moyenne des dégâts de mildiou sur feuilles (gauche) et AUDPC moyenne de la fréquence des dégâts sur feuilles entre le 15/06/2020 et le 01/09/2020 (droite).

4.4 Intensité des dégâts sur grappes

L'intensité moyenne des dégâts sur grappes atteint au maximum 17% sur la modalité Chitoplan+Cu100, et 14% sur le TNT. La diminution de l'intensité des dégâts observés en cours de saison sur ces deux modalités

peut-être expliquée par une chute d'une partie des grappes les plus contaminées au cours du mois de juillet, et par une forte hétérogénéité de la distribution des dégâts au sein de ces modalités.

Sur l'ensemble de la saison 2020, les différences entre modalités sont très limitées : il n'y a pas de différence significative entre le TNT et la faible dose de cuivre, par exemple. Les modalités Cu100 et Prele+Cu100 sont les deux seules à être significativement équivalente à la référence cuivre.

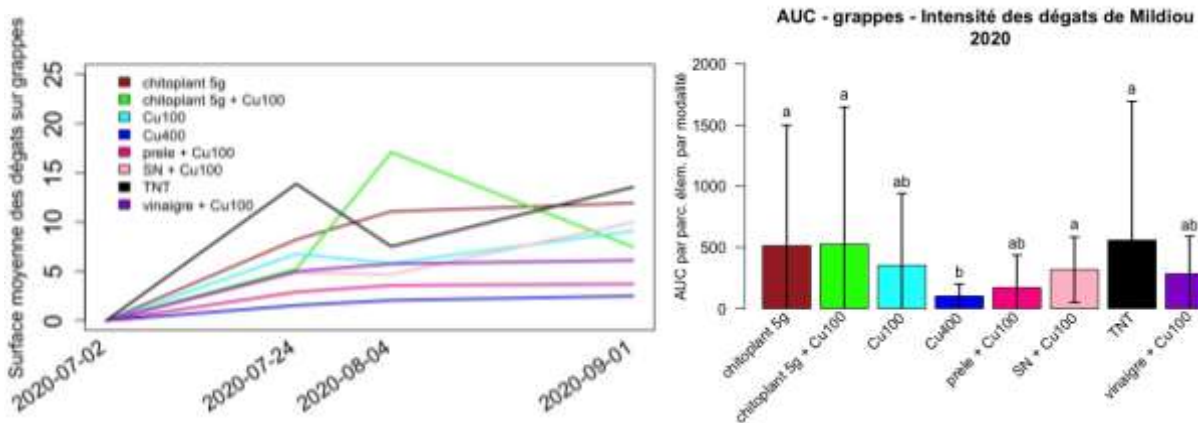


Figure 6 : Évolution de l'intensité moyenne des dégâts de mildiou sur grappes (gauche) et AUDPC moyenne de l'intensité des dégâts sur grappes entre le 15/06/2020 et le 01/09/2020 (droite).

4.5 Fréquence des dégâts sur grappes

La fréquence moyenne des dégâts de mildiou sur grappes observés le 01/09 varie entre 20% (référence cuivre) et 50% (témoin non traité) selon les modalités (Figure 7 gauche). En fin de saison, les modalités à base de produits alternatifs et faible dose de cuivre ne sont pas significativement différentes du TNT, à l'exception de la modalité Prêle+Cu100. Les modalités Cu400 et Cu100 ne sont pas significativement différentes.

Sur l'ensemble de la saison 2020, les mêmes résultats sont observés (figure 7 droite). Nous pouvons souligner un niveau moyen de contamination de la modalité Prêle+Cu100 très proche de la modalité Cu400. Toutefois, l'ajout de Prêle à une faible dose de cuivre ne permet diminuer significativement la fréquence des dégâts sur grappes.

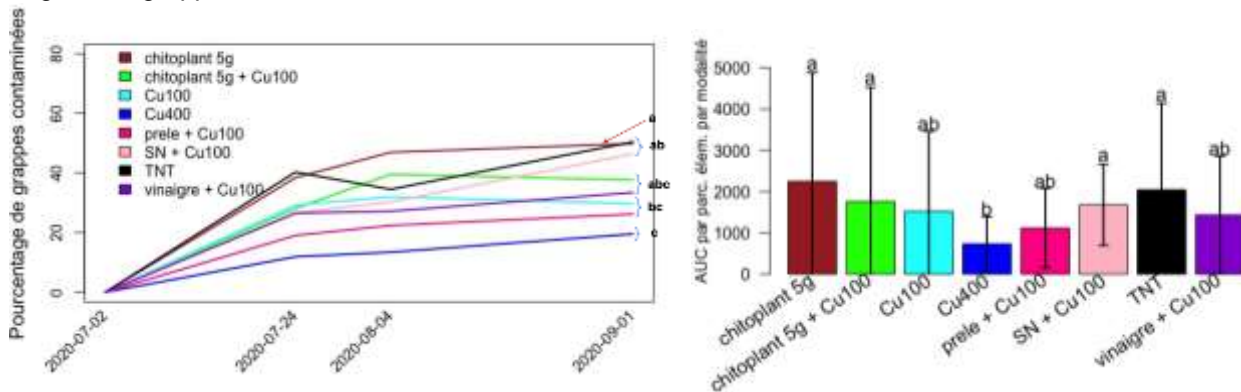


Figure 7 : Evolution de la fréquence moyenne des dégâts de mildiou sur grappes (gauche) et AUDPC moyenne de la fréquence des dégâts sur grappes entre le 15/06/2020 et le 01/09/2020 (droite).

5 - CONCLUSION

- Le cumul des précipitations sur la parcelle expérimentale entre mai et mi-septembre 2020 est de 284mm. Les risques de contamination les plus marqués sont apparus mi-mai et la première quinzaine du mois de juin, puis ponctuellement jusqu'à fin août. Une inoculation de feuilles contaminées a été réalisée le 18/06, et la brumisation a été maintenue pendant deux périodes de 18 et 32 jours. Les premiers dégâts sur feuille ont été observés le 15 juin.
- Des effets bloc significatifs ont été mis en évidence tout au long de la saison en ce qui concerne la fréquence des dégâts sur feuilles (02/07, 24/07, 04/08 et 01/09) et sur grappes (24/07, 04/08 et

01/09). Les blocs 1 et 2 situés en bas de la parcelle sont les plus contaminés. Les suppressions du jeu de donnée du bloc 1 ou bien des blocs 1 et 2 ont un impact mineurs sur les résultats des tests statistiques et ne modifient pas les conclusions de cette étude.

- Le mélange de Chitoplant® à 5g/L avec du cuivre à 100g/L entraîne sa précipitation dans la bouillie. Les deux applications ont donc été réalisées séparément.
- En fin de saison, au 1^{er} septembre, la fréquence des dégâts sur grappe atteint 50% sans traitement, 26% en utilisant une faible dose de cuivre (0,6kg Cu métal / saison) et 20% dans la référence régionale (2.4kg Cu métal / saison). L'apparition des symptômes sur feuille et grappe est concentrée sur le mois de juillet.
- Dans ces conditions expérimentales,
 - Il n'y a pas de lien évident entre le pH de la bouillie et les niveaux de dégâts observés,
 - la modalités à base de chitosan sans cuivre n'est pas significativement différente du témoin non traité. Aucune phytotoxicité n'a été observée,
 - la fréquence et l'intensité des dégâts sont identiques quel que soit la quantité de cuivre utilisée (100g ou 400g de Cu métal / application),
 - l'ajout de savon noir, de chitosan, de vinaigre ou d'une décoction de Prêle à une faible dose de cuivre ne permet pas d'améliorer significativement l'efficacité de la protection phytosanitaire par rapport à une faible dose de cuivre seule,
 - les valeurs moyennes des AUDPC des dégâts observés sur la modalité Prêle+Cu100 sont inférieures ou égales à la modalité Cu100, mais les différences ne sont pas statistiquement significatives. La couleur du feuillage de la modalité Prêle+Cu100 est apparu plus foncé que les autres modalités. Cet effet, constaté visuellement, resterait à quantifier.

Remerciements

Le GRAB remercie l'INRAE de Gotheron pour la mise à disposition de la parcelle expérimentale.

*Cette action a reçu le soutien financier de
La Région Auvergne-Rhône-Alpes dans le cadre des actions PEPIT (2019-2020).*



Année de mise en place : 2019 – Année de fin d'action : 2020

ACTION : nouvelle ○

en cours ●

en projet ○

Contact : Claude-Eric Parveaud – claudeeric.parveaud@grab.fr

Grab - 255 chemin de la Castelette - BP 11283 - 84 911 Avignon cedex 9 – tel : 04 90 84 01 70 - secretariat@grab.fr

Mots clés : vigne – mildiou – Plasmopara viticola – cuivre – alternatives – chitosan – prêle – vinaigre – savon noir

Date de création de cette fiche : avril 2021