
MILDIU DE LA VIGNE EN AB : ALTERNATIVES AU CUIVRE

Claude-Eric Parveaud (GRAB), Johanna Brenner (GRAB),
Antoine Stoffel (stagiaire GRAB), Olivier Malet (Cave de Die Jaillance)

1 - PROBLEMATIQUE

Les méthodes de protection contre le mildiou de la vigne sont le plus souvent basées sur l'utilisation de produits à base de cuivre, notamment en agriculture biologique. Les inconvénients agronomiques et environnementaux liés aux applications répétées de cuivre sont désormais bien connus. Le cuivre s'accumule sous une forme stable dans les horizons superficiels du sol (Merry et al, 1983 ; Pietrzak et McPhail, 2004). Cette accumulation peut conduire à un effet phytotoxique sur le développement végétatif (Brun, 1998) et inhiber également l'activité microbienne et de la macrofaune du sol. L'utilisation du cuivre reste néanmoins la méthode de lutte la plus fiable, pratique et efficace contre le mildiou de la vigne en agriculture biologique, ce qui explique son utilisation courante depuis des dizaines d'années. Afin de limiter l'augmentation des risques liés à un usage intensif du cuivre en AB, la réglementation limite actuellement l'usage du cuivre à 6kg/ha/an. A l'avenir, cette limitation devrait être plus sévère. Ces limitations s'accompagnent de nouvelles contraintes agronomiques (rapport ITAB, <http://www.itab.asso.fr/downloads/viti/rapport-final-cu-viti09.pdf>) et renforcent la nécessité de travailler des stratégies de lutte employant des doses très réduites de cuivre et/ou des alternatives à son usage.

Les résultats du projet européen REPCO (Replacement of copper fungicide in organic production of grapevine and apple in Europe de 2004 à 2007) sur les alternatives au cuivre pour la lutte contre le mildiou de la vigne ont permis de dégager plusieurs pistes pour limiter les apports de cuivre en viticulture biologique (Gomez et Chovelon, 2008) : Elles concernent (1) la réduction des doses de cuivre, (2) l'association de produits alternatifs avec une faible dose de cuivre et (3) le positionnement des produits cupriques lors des périodes de plus forte sensibilité. L'évaluation de l'efficacité de produits alternatifs et l'optimisation des stratégies de protection (association de produits, règles de décision, périodes de traitement, doses de cuivre) présente ainsi un fort intérêt.

2 - OBJECTIFS

L'objectif de l'essai mis en place en parcelle viticole est d'évaluer l'efficacité en plein champ des produits innovants en association avec une faible quantité de cuivre pour lutter contre le mildiou. Cet essai a été réalisé dans le cadre du projet européen CO-FREE (2012-2015) et du projet CASDAR Huiles Essentielles (2013-2015).

3 - MATERIEL ET METHODE

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 4 blocs (figure 1).
- Chaque parcelle élémentaire est composée de 12 ceps. Il y a 4 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.

3.3 - Modalités

- Chaque bloc comprend 8 modalités :
 - N°1 : témoin non traité
 - N°2 : référence régionale
 - N°3 : cuivre seul à faible dose + adjuvant
 - N°4 : cuivre à faible dose + huile essentielle de girofle + adjuvant
 - N°5 : cuivre à faible dose + huile essentielle d'origan + adjuvant
 - N°6 : cuivre à faible dose + huile essentielle d'eucalyptus citronné+ adjuvant
 - N°7 : stratégie Cofree : cuivre en cas de forte pression uniquement
 - N°8 : stratégie Cofree + produit A : produit A appliqué tous les 7-10 jours et cuivre en cas de forte pression uniquement
- Des tests préalables au laboratoire réalisés par les partenaires du projet Casdar Huiles Essentielles ont permis de classer différents adjuvants selon leur capacité émulsifiante et d'identifier les associations adjuvant/HE optimum.
- Le volume de bouillie pulvérisé est de 150 L/ha pour les modalités 2 à 6 et de 250L/ha pour les modalités 7 et 8.
- Le produit commercial utilisé pour les applications de cuivre est le Kocide 2000 (hydroxyde de cuivre à 35%). Les derniers traitements ont été réalisés avec du Kocide Opti (hydroxyde de cuivre à 30%). Les doses de produits appliqués sont détaillées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Description des doses de cuivre et de produits alternatifs utilisés en 2015.

	Modalités	Dose de cuivre métal	Dose de produit alternatif
N°1	TNT	0	0
N°2	Référence régionale	400g Cu / ha	0
N°3	Cu faible + Cantor 0,2%	100g Cu / ha	0
N°4	Cu + HE de Girofle 0,2 % + Cantor 0,2%	100g Cu / ha	300 ml/ha
N°5	Cu + HE d'Origan 0,2 % + savon noir 0,2%	100g Cu / ha	300 ml/ha
N°6	Cu + HE d'Eucalyptus citronné 0,2 %+ Cantor 0,2%	100g Cu / ha	300 ml/ha
N°7	Cu en situation de risque	400g Cu / ha	0
N°8	Cu en situation de risque + produit A	400g Cu / ha	confidentiel

La préparation de la bouillie a été réalisée sur le terrain. Les huiles essentielles ont été mélangés à leurs adjuvants respectifs. Le mélange HE+adjuvant a été mélangé à l'eau et au cuivre. Le pH de l'eau n'a pas été ajusté.

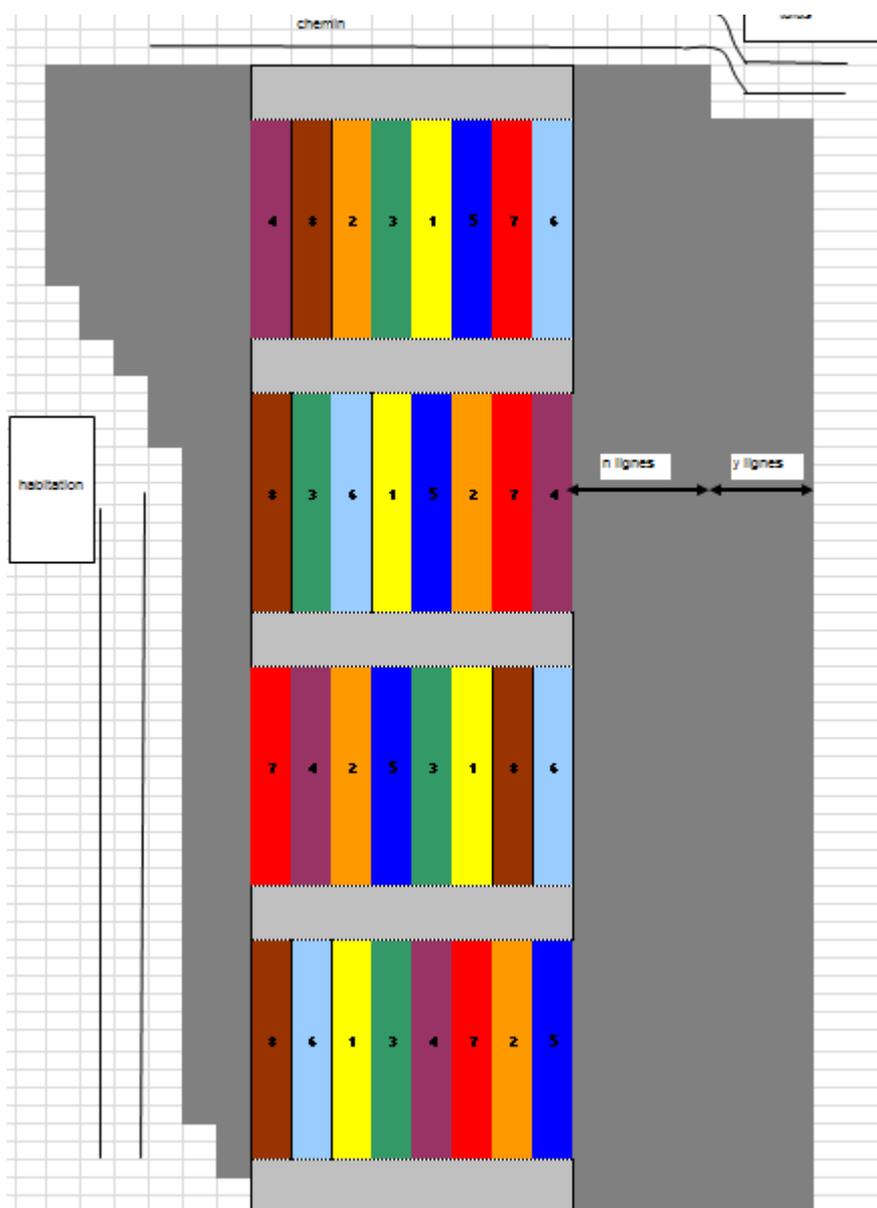


Figure 1 : Schéma de la parcelle expérimentale. La parcelle expérimentale est constituée de 8 rangs (partie sud d'une parcelle de plus grande taille). Les blocs sont disposés perpendiculairement à la pente (bloc 1 en bas de pente). Les parcelles élémentaires sont séparées par 2 à 3 ceps non traités.

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 (poudre et mouillable) réalisés contre 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 2015. Les traitements réalisés par le producteur (soufre poudre) ont été réalisés avec un passage tous les 4 rangs. Le soufre mouillable a été appliqué par les expérimentateurs à 150 L/ha. *Traitement réalisé par le producteur.

Date	Nature du produit	Dose
11/06/2015	Microthiol	10 kg/ha
17/06/2015	Microthiol	10 kg/ha
> 20/06/2015*	Poudrage de soufre	20 kg/ha

3.5 – Inoculation et brumisation

- Suite aux conditions climatiques défavorables au développement du mildiou de mai à juillet 2015, la station de brumisation présente sur la parcelle a été mise en fonctionnement du 25 juin au 23 juillet. Le rythme de fonctionnement a été le suivant : départ 8h du matin, arrêt 15h pour 10mn en eau et 5mn d'arrêt par vanne alimentant les tuyaux sur 2 rangs respectivement soit 1h pour un cycle complet comprenant les 4 vannes et 8 rangs, répété 7 fois jusqu'à 15h.

- Deux inoculations de mildiou ont été réalisées le 26 juin et le 01 juillet à partir des feuilles de vigne mildiousées venant d'un vignoble conventionnel à proximité de Die. Ces feuilles mildiousées ont été agrafées sur des feuilles saines à mi-hauteur de la canopée. Le 26 juin, 2 feuilles mildiousées ont été agrafées sur 2 ceps parmi les 3 ceps non-traités avant 8h30 du matin. La brumisation a été mise en route le jour-même de 8h à 9h15, puis arrêtée à cause de problèmes techniques. La brumisation a ensuite tourné tous les jours entre 8h à 15 h dès le lendemain. Le 01 juillet, 2 feuilles mildiousées ont été agrafées sur 2 ceps non traités en fin de journée après 17 heures. Ces feuilles ont été enveloppées d'un papier essuie-tout mouillé et ensachées pendant une nuit. Les sachets plastiques ont été retirés le 2 juillet à 8h00. La brumisation a été mise en route de 8h à 15 h et maintenue jusqu'au 23 juillet.

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 100 feuilles par parcelle élémentaire.
- Notation sur grappes : fréquence (% de grappes touchées) et intensité d'attaque (% de la surface touchée). Comptage sur 50 grappes par parcelle élémentaire.

3.7- Notation de l'impact environnemental des produits alternatifs sur la faune auxiliaire

- Deux bandes pièges cartonnées ont été posées en position verticale sur deux ceps par parcelle élémentaire (4 blocs * 8 modalités) le 29/07/15 et récupérées le 06/08/15.

L'effectif total et les densités absolues des groupes les plus abondants (Forficules, Araignées, Hyménoptères et Collembolés) ont été comparés.

- Les acariens ont été échantillonnés avant et après le cinquième et le sixième traitement sur 5 feuilles par parcelle élémentaire (4 blocs * 8 modalités) respectivement. Les dates des prélèvements correspondent aux 27/07/2015 et le 05/08/2015 (pré-traitement) ainsi qu'aux 29/07/2015 et 06/08/2015 (post traitement). La densité des phytoséides a été quantifiée par observation à la loupe binoculaire de la face inférieure des feuilles.

3.8 – Analyse des données et interprétations des résultats

L'intensité et la fréquence des symptômes de mildiou observés sur grappe ont été analysées par analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel R. Si l'hypothèse d'égalité des variances est rejeté au seuil de 5% ($p < 0.05$), le test post-hoc de Newman-Keuls est réalisé pour comparer les modalités entre elles.

4 - RESULTATS

4.1 - Conditions climatiques et réalisation des traitements

L'année 2015 s'est caractérisée par des températures chaudes et sèches entre mai et juillet et un déficit hydrique élevés jusqu'à mi-août (figure 2).

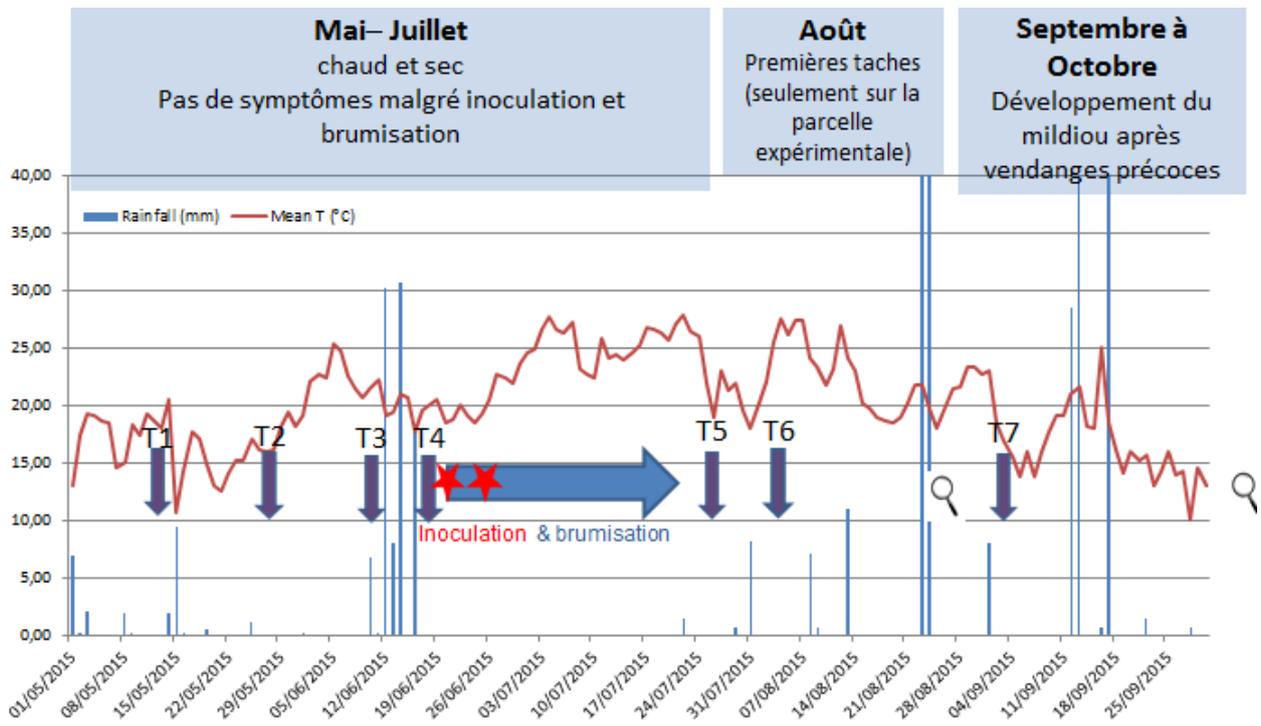
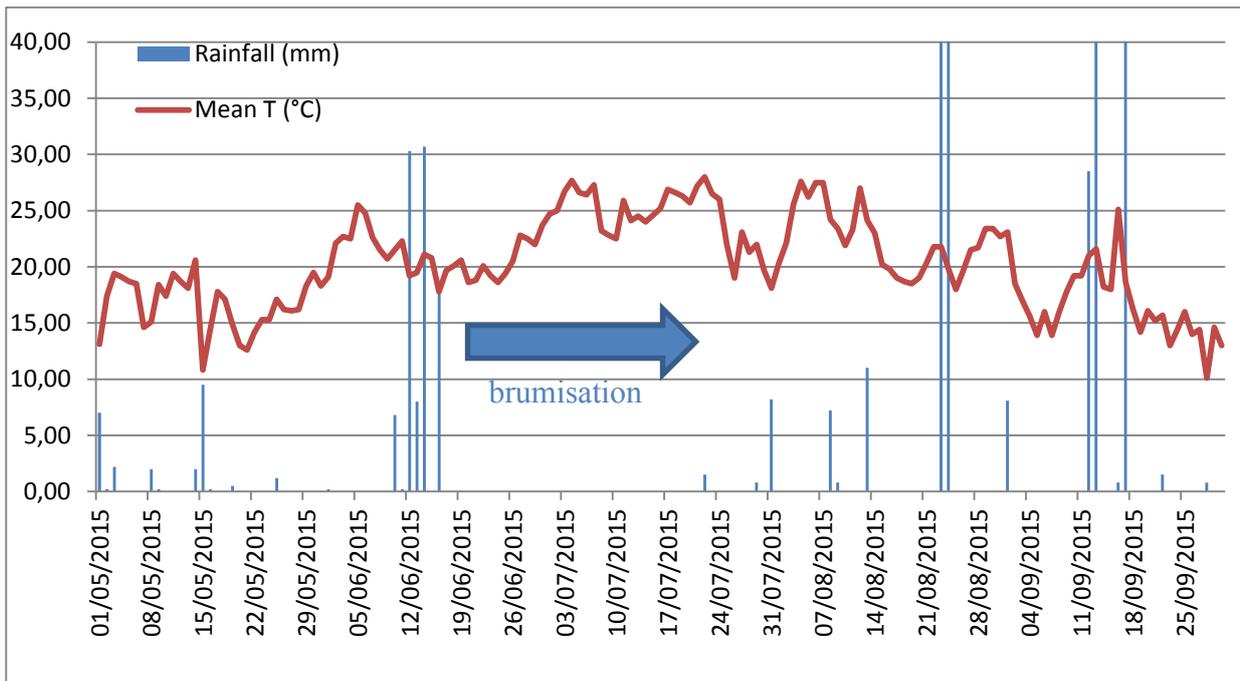


Figure 2 : Précipitations (mm) et température moyenne enregistrées à la station météorologique d'Aouste-sur-Sye, Drôme.

Le mildiou a été observé tardivement dans le bas de la vallée du Diois, il s'agissait de dégâts très espars observés fin juin dans quelques vignobles. Les premières taches de mildiou ont été observées dans la parcelle expérimentale le 6 août 2015. Les taches ont été observés uniquement dans les huit rangs constituant l'essai (zone brumisée). Les conditions météorologiques ont favorisé des vendanges précoces. Les traitements ont été suspendus après le 6 août pour respecter le délai avant récolte. Au total, 6 traitements ont été réalisés avant les vendanges: le 13/05, le 29/05, le 11/06, 17/06, 27/07 et 05/08 (figure 2). Le 7^{ème} traitement du 04/09 a été réalisé après les vendanges pour permettre une évaluation tardive des dégâts sur feuille. Le nombre de traitements et les quantités annuelles de cuivre métal utilisées sont précisés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Nombre de traitements et quantité annuelle de cuivre métal utilisée / ha en 2015.

Modalités	Quantité Cu métal/ha/an	Nombre de traitement
M1 TNT	0g	0
M2 Référence régionale	2800g	7
M3 Cu faible + Cantor	700g	7
M4 Cu faible + HE girofle+ Cantor	700g	7
M5 Cu faible + HE origan+ savon noir	700g	7
M6 Cu faible + HE eucalyptus + Cantor	700g	7
M7 Cu en situation de risque	0g	0
M8 produit A + Cu en situation de risque	0g	7

4.2 - Fréquence et intensité des dégâts de mildiou sur feuille

4.2.1 - Notation du 19/08/2015

- La fréquence et l'intensité des dégâts de mildiou sur feuilles ont été évaluées le 19/08/15 (figure 3). En raison du développement tardif du mildiou et d'origine artificielle (inoculation), l'observation des dégâts sur feuille à cette date s'est limitée aux feuilles d'âge intermédiaires (Les trois dernières feuilles récemment émises ainsi que les feuilles anciennes vert foncés ont été omises des observations car jamais contaminées). Le témoin présente 62,5% de feuilles attaquées par le mildiou et 3% de la surface foliaire touchée. Les modalités testées présentent des dégâts sur feuille compris entre 13 et 55%.

- Un effet significatif des modalités testées a été mis en évidence sur la fréquence des dégâts (Anova à deux facteurs, effet modalité : $p = 0,02$, effet bloc : $p = 0,008$; interaction modalité x bloc : $p = 0,992$) et sur l'intensité des dégâts (Anova à deux facteurs, effet modalité : $p = 6,2 \times 10^{-7}$, effet bloc : $p = 0,369$; interaction modalité x bloc : $p = 0,141$).

La fréquence et l'intensité des dégâts de mildiou ne sont pas significativement différentes entre le témoin non traité et la référence cuivre le 19 août (figure 3). Par ailleurs, la modalité Stratégie Cofree (n'ayant pas reçu de traitement) est significativement différente du témoin non traité. Ces résultats suggèrent un développement encore hétérogène du mildiou à cette date. Les observations à cette date ne permettent pas de conclure quant à l'efficacité des modalités testées.

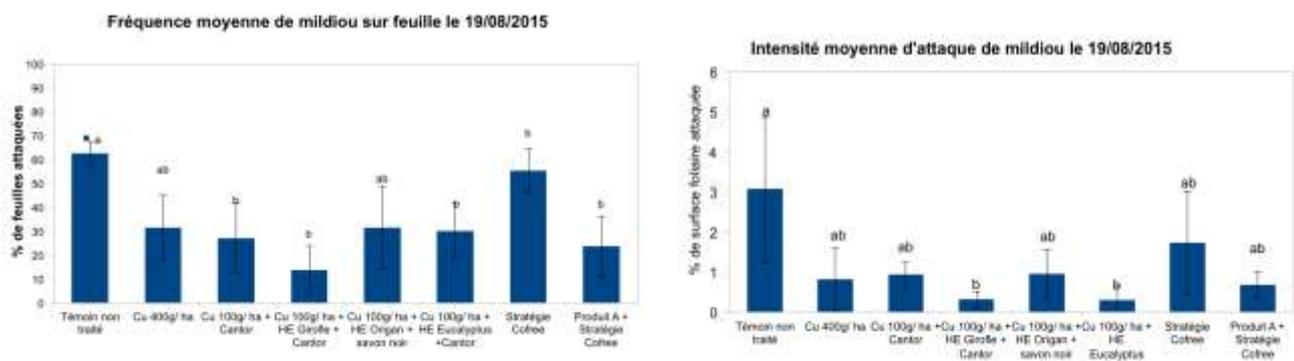


Figure 3 : Fréquence et intensité moyennes d'attaque de mildiou sur feuilles le 19/08/15. Les lettres représentent les groupes statistiques homogènes (Anova, test Newman Keuls).

4.2.2 - Notation du 01/10/15

- La fréquence et l'intensité des dégâts de mildiou sur feuilles ont été évaluées le 01/10/15 (figure 4). Le témoin présente 77% de feuilles attaquées par le mildiou et 14% de la surface foliaire touchée. Les modalités testées présentent entre 9 et 58% de feuilles attaquées.

- Un effet significatif bloc et modalité a été mis en évidence sur la fréquence d'attaque (Anova à deux facteurs, effet modalité : $p = 1,5 \times 10^{-9}$, effet bloc : $p = 0,039$; interaction modalité x bloc : $p = 0,092$). Le bloc 4 est moins touché par le mildiou que le reste de la parcelle (tableau 3). Le bloc 4 est situé en haut de la parcelle : cette situation moins favorable (mieux ventilé, moins humide) pourrait expliquer un plus faible développement du mildiou.

	Fréquence sur feuille (% moyen de feuilles attaquées)
Bloc 1	34.73 a
Bloc 2	35.73 a
Bloc 3	30.93 a
Bloc 4	26.73 b

Tableau 3 : Fréquence sur feuilles le 01/10/15 pour les 4 blocs comparés. Les lettres représentent les groupes statistiques homogènes (ANOVA, test Newman-Keuls).

La fréquence et l'intensité des dégâts de mildiou sont significativement différentes entre le témoin non traité et la référence cuivre le 01 octobre. La fréquence de mildiou entre la modalité Stratégie Cofree (n'ayant pas reçu de traitement) est significativement différente du témoin non traité, mais ce n'est pas le cas en ce qui concerne l'intensité des dégâts. Plusieurs modalités testées ont un effet sur le mildiou par rapport au témoin non traité. On peut distinguer trois groupes d'efficacité. Les huiles essentielles associées à leur adjuvant (entre 12 et 14% de feuilles attaquées) présentent la même efficacité que la faible dose de cuivre associé au Cantor (22% de feuilles attaquées), et le cuivre seul dosé selon la référence régionale (9% de feuilles attaquées). Les stratégies Cofree avec ou sans ajout de produit alternatif (respectivement 49 et 58 % de feuilles atteintes) présentent une efficacité intermédiaire entre le témoin non traité et les modalités à bas de cuivre.

- Un effet significatif des modalités testées a été également mis en évidence sur l'intensité d'attaque (Anova à deux facteurs, effet modalité : $p = 6,2 \times 10^{-7}$, effet bloc : $p = 0,369$; interaction modalité x bloc : $p = 0,141$). Seul le cuivre à forte dose (1% de surface foliaire touchée) a un effet sur le mildiou par rapport au témoin (14%).

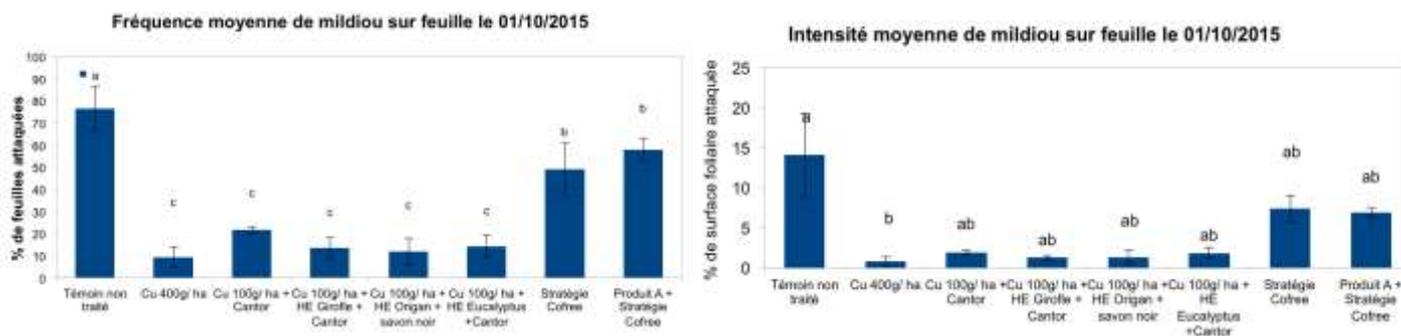


Figure 4 : Fréquence et intensité moyennes d'attaque de mildiou sur feuilles le 01/10/15. Les lettres représentent les groupes statistiques homogènes (Anova, test Newman Keuls pour la fréquence, test Wilcoxon pour l'intensité).

4.3 Notation d'oïdium sur grappe

La fréquence et l'intensité des dégâts d'oïdium sur grappe ont été évaluées le 19/08/15 (figure 5). Le témoin présente 27% de grappes attaquées par l'oïdium et 6% de la surface de grappes touchée en moyenne. Les modalités testées présentent entre 6 et 14% de grappes attaquées.

- Aucun effet significatif des modalités testées n'a été mis en évidence ni sur la fréquence d'attaque d'oïdium (Anova à deux facteurs, effet modalité : $p = 0.191$, effet bloc : $p = 0.114$, interaction modalité x bloc : $p = 0.738$), ni sur l'intensité d'attaque par l'oïdium (Anova à deux facteurs, effet modalité : $p = 0.489$, effet bloc : $p = 0,143$ interaction modalité x bloc : $p = 0.860$).

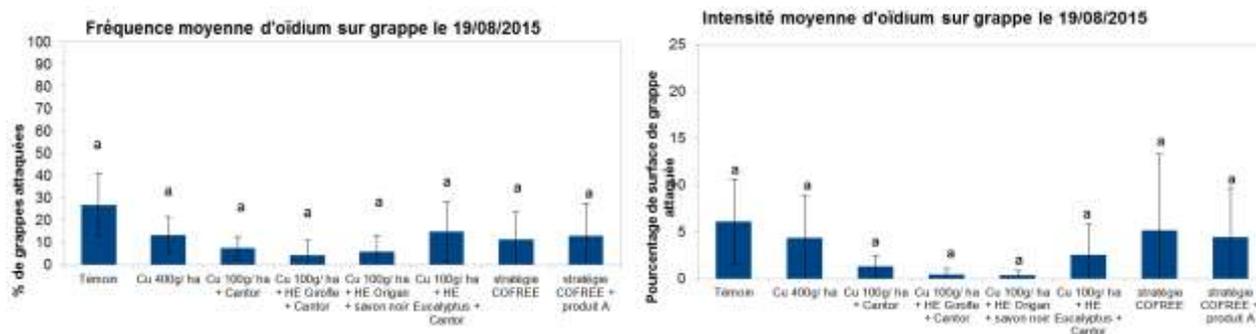


Figure 5 : Fréquence et intensité moyennes d'attaque d'oïdium sur grappes le 19/08/15. Les lettres représentent les groupes statistiques homogènes (Anova, test Newman Keuls).

4.6- Résultats des prélèvements de faune auxiliaire

Piégeage par bandes cartonnées

Les bandes-pièges cartonnées ont permis de capturer uniquement un effectif total de 28 invertébrés sur la période du 29 juillet au 06 août 2015. Les araignées prédominent (figure 6). L'effectif faible d'insectes piégés ne permet pas de mettre en évidence avec fiabilité des éventuels effets non-intentionnels des modalités testées.

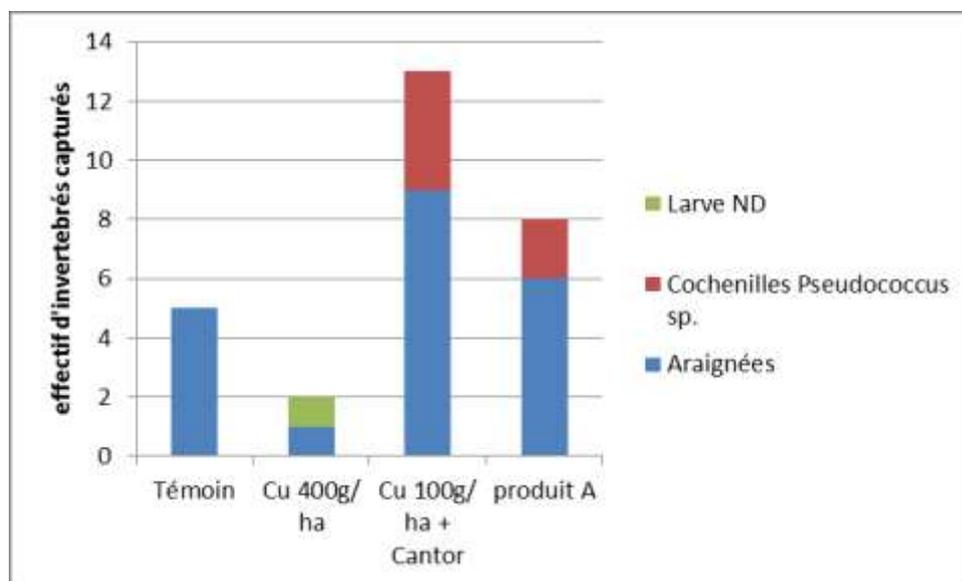


Figure 6 : Nombre total d'invertébrés capturés par modalité entre le 29/07/2015 et le 06/08/2015.

Densité des acariens phytoséiides

52 et 56 acariens ont été prélevés le 27/07 et le 29/07/2015 respectivement (avant et après le 5^{ème} traitement). Les effectifs avant et après du 6^{ème} traitement du 05/08 étaient de 19 et 35 acariens. Leurs comptages n'ont pas mis en évidence d'effet des différents traitements sur leur densité (figure 7) ni au premier (Anova à deux facteurs, effet modalité : $p = 0.3972$, effet date : $p = 0.7467$, interaction modalité x date : $p = 0.3814$) ni au deuxième prélèvement (Anova à deux facteurs, effet modalité : $p = 0.73$, effet date : $p = 0,08$ interaction modalité x bloc : $p = 0.14$).

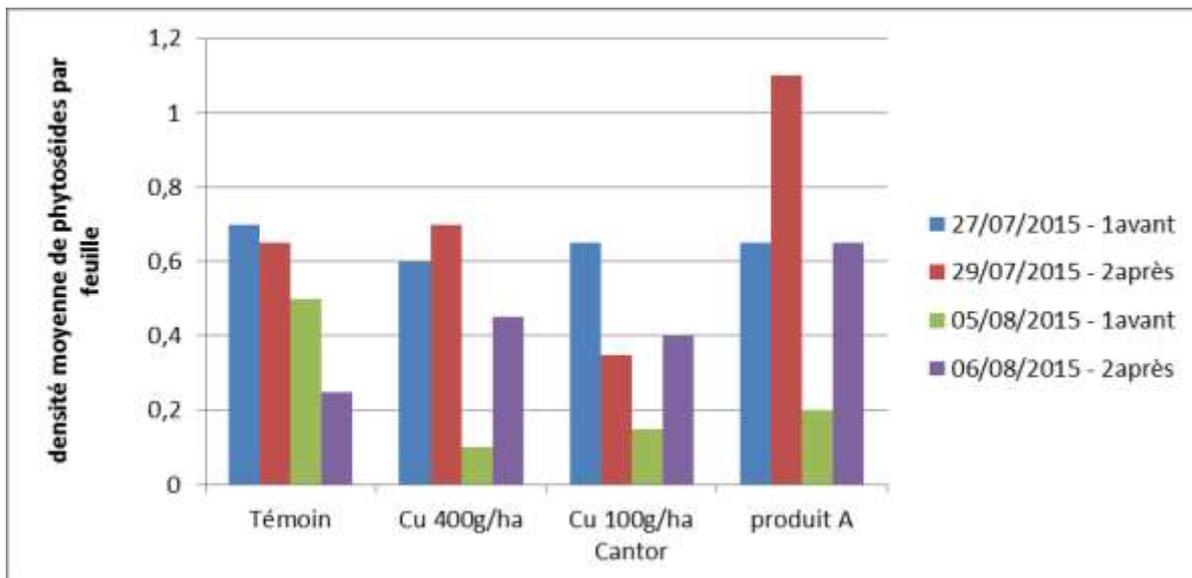


Figure 7 : Nombre moyen d'acariens phytoséiides prélevé avant et après le 5^{ème} et le 6^{ème} traitement expérimental.

5 – CONCLUSION

- En 2015, le développement du mildiou a été faible, limité aux feuilles, et tardif en raison de conditions sèches et de températures élevées entre mai et juillet.
- Contrairement aux résultats de l'inoculation et brumisation réalisées en 2014, le développement du mildiou est resté très limité en 2015, malgré un protocole identique. Ce résultat peut être expliqué par une très faible hygrométrie diurne en 2015. Ce protocole d'inoculation et de brumisation pendant la journée ne s'avère pas efficace dans ces conditions. Une brumisation nocturne est à envisager à l'avenir.
- Le choix d'adjuvant spécifique à chaque huile essentielle a permis une meilleure miscibilité (constatée visuellement) des huiles essentielles dans la bouille par rapport à la campagne 2014.
- Une hétérogénéité du développement du mildiou a été mise en évidence au sein de la parcelle expérimentale. Ce résultat justifie le dispositif en bloc retenu dans cette parcelle. Les différences observées entre les deux modalités sont probablement expliquées par une dissémination hétérogène du mildiou depuis les foyers inoculés.
- Les trois huiles essentielles et le produit alternatifs testés en association avec une faible dose de cuivre (100g Cu /ha/application) ne permettent pas d'améliorer la protection contre le mildiou par rapport à la faible dose de cuivre seule (résultats sur feuille et après vendange). Aucun effet des modalités sur l'oïdium n'a été observé.
- Les effectifs des invertébrés capturés par des bandes pièges étaient trop faibles pour évaluer l'effet des traitements sur la faune auxiliaire. Aucun effet significatif du produit A n'a été observé sur les acariens phytoséiides. Les acariens phytoséiides semblent être un indicateur plus fiable (taille des parcelles élémentaires, déplacement de l'espèce au sein de la parcelle) que les arthropodes capturés par bande-pièges.