

---

## MILDIU DE LA VIGNE EN AB : ALTERNATIVES AU CUIVRE

---

Claude-Eric Parveaud (GRAB), Maxime Jacquot (GRAB)  
Emilie Freyssinet (stagiaire GRAB), Nicolas Fermond (Cave de Die Jaillance)

### 1 - PROBLEMATIQUE

Comme le souligne la récente étude bibliographique de Lamichhane *et al.* (2018) sur les produits à base de cuivre, les principaux avantages sont la toxicité relativement élevée pour les agents pathogènes des plantes, le faible coût, la faible toxicité pour les mammifères des composés de Cu 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, y compris celle imposée par le règlement 473/2002 dans l'Union européenne.

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 - OBJECTIFS

L'objectif de l'essai mis en place en parcelle viticole 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 2018 sont l'huile essentielle de thym à thymol, l'huile essentielle d'Origan et le savon noir.

### 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). 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 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

Les 8 modalités sont les suivantes :

- N°1 : témoin non traité
- N°2 : référence régionale
- N°3 : cuivre seul à faible dose
- N°4 : cuivre à faible dose + savon noir
- N°5 : cuivre à faible dose + savon noir + HE thym à thymol
- N°6 : cuivre à faible dose + HE thym à thymol + Adjuvant (confidentiel)
- N°7 : savon noir + HE thym à thymol
- N°8 : cuivre à faible dose + savon noir + HE d'Origan

- Le volume de bouillie pulvérisé est de 150 L/ha pour toutes les modalités.

- Le produit commercial utilisé pour les applications de cuivre est le Kocide 2000 (hydroxyde de cuivre à 35%). Les doses de produits appliqués sont détaillées dans le tableau 1 ci-dessous.

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

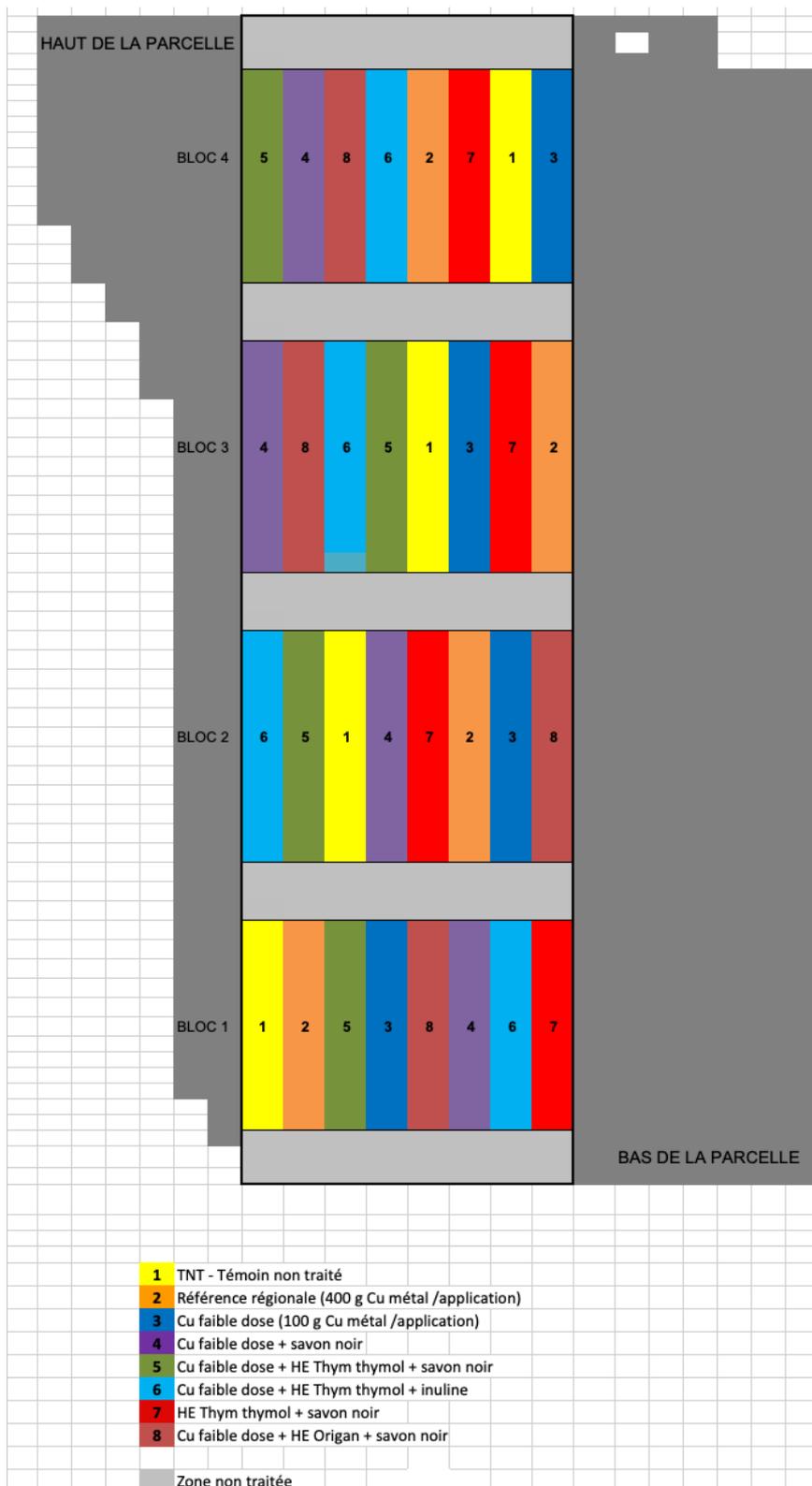
Modalité		Dose de cuivre	Dose de produit alternatif cuivre
N°1	TNT	0	0
N°2	Cu400	400g Cu / ha	0
N°3	Cu100	100g Cu / ha	0
N°4	Cu100+SN	100g Cu / ha	Savon noir : 0.2%
N°5	Cu100+HE Thym+SN	100g Cu / ha	Savon noir : 0.2% HE Thym : 0,2 %
N°6	Cu100+HE Thym+Adj	100g Cu / ha	HE Thym : 0,2 % Adjuvant : confidentiel
N°7	HE Thym+SN	0	Savon noir : 0.2% HE Thym : 0,2 %
N°8	Cu100+HE Origan+SN	100g Cu / ha	Savon noir : 0.2% HE Origan : 0,2 %

- La concentration des principaux constituants des HE de thym à thymol et d'Origan est synthétisée dans le tableau 2. Les HE ont été fournis par la Société Nateva.

**Tableau 2** : Concentration des principaux constituants des HE utilisées.

	HE Thym à thymol	HE Origan
Thymol	39%	0,2%
Cymène	19%	12%
Terpinène	11%	12%
Carvacrol	4%	51%

La préparation de la bouillie a été réalisée sur le terrain. Les huiles essentielles ont d'abord été mélangées à leurs adjuvants (savon noir) puis 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. Les parcelles élémentaires sont séparées par 2 à 3 ceps non traités (indiqué en gris clair).

### 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) 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 2018. Aucun poudrage n'a été réalisé en 2018. Le soufre mouillable a été appliqué par les expérimentateurs à un volume de 150 L/ha.

Date	Nature du produit	Dose
11/05/18	Kolthior	5 Kg / ha
08/06/18	Kolthior	5 Kg / ha
15/06/18	Kolthior	5 Kg / ha
17/07/18	Kolthior	5 Kg / ha

### 3.5 – Inoculation

La station de brumisation présente sur la parcelle a été mise en fonctionnement du 3 au 9 juillet. Durant cette période, la brumisation est 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 7min 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 7min, 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).

Il n'y a pas eu d'inoculation de mildiou sur la parcelle expérimentale cette année.

### 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 – Analyse des données et interprétations des résultats

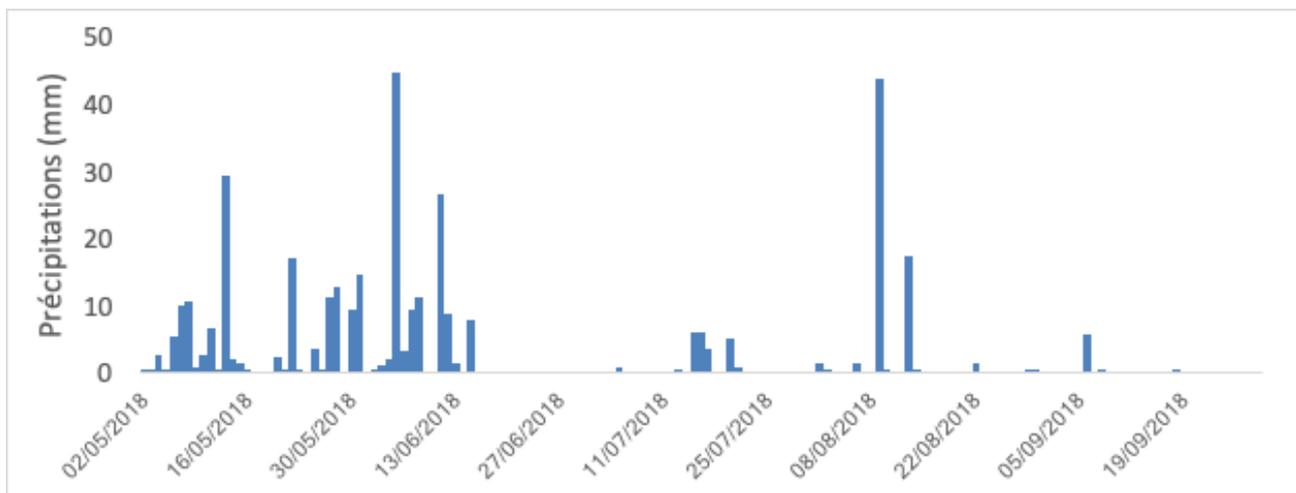
L'analyse AUDPC permet de quantifier les dégâts sur l'ensemble de la saison, depuis l'apparition des premières taches jusqu'à la dernière date d'observation.

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

## 4 - RESULTATS

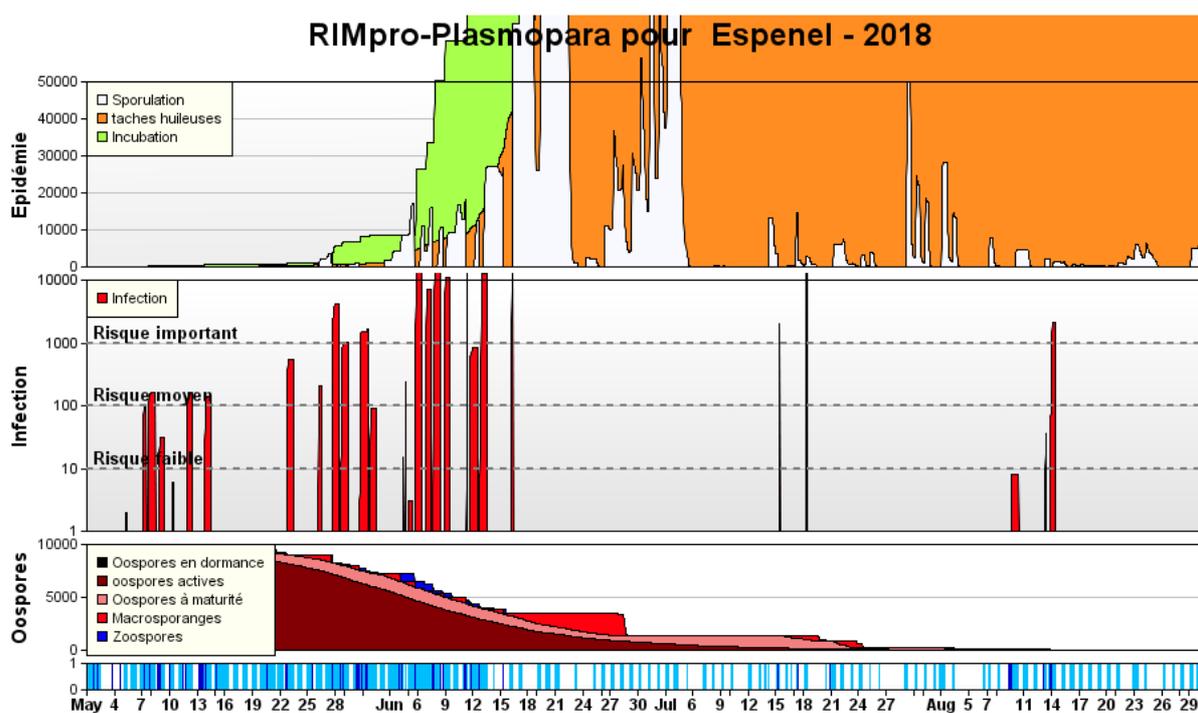
### 4.1 - Conditions climatiques, risques d'infection et réalisation des traitements

- L'année 2018 s'est caractérisée par des précipitations très abondantes en début de saison (01/05 – 15/06 : 257 mm), limitée en milieu de saison (16/06 – 31/07 : 23 mm) et quelques pluies abondantes isolées en fin de saison (01/08 – 29/09 : 72 mm).



**Figure 2** : Précipitations enregistrées du 02/05/18 au 29/09/18 sur la parcelle expérimentale. Station iMetos200 (Pessl) localisée à 25m de la parcelle expérimentale.

- Les risques de contamination de mildiou ont été évalués grâce au modèle Rim Pro ([www.rimpro.eu](http://www.rimpro.eu)) à partir des données météorologiques enregistrées sur la parcelle expérimentale (figure 3). L'essentiel des risques de contamination prédis par le modèle se concentre entre début mai et mi-juin.



**Figure 3** : Dynamique des infections de mildiou prévue par le modèle Rim Pro à partir des données météorologiques enregistrées sur la parcelle (station iMetos200, Pessl).

- Dans le bas de la vallée du Diois, les premières taches de mildiou ont été observées fin juin. Dans la parcelle expérimentale, la première tâche de mildiou a été observée le 15 juin 2018. On dénombrait environ 15 taches / ceps le 26/06 dans la modalité TNT.

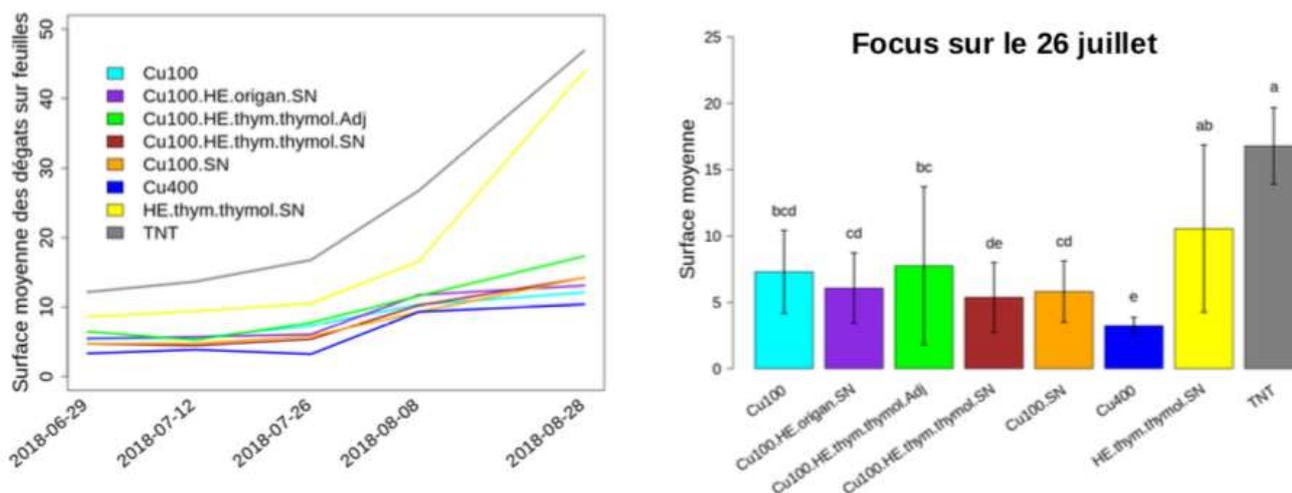
- Durant la saison 2017, 8 applications ont été réalisées : le 04/05, 11/05, le 17/05, le 25/05, 08/06, 15/06, 02/07, 17/07. Le nombre de traitements et les quantités annuelles de cuivre métal utilisés sont précisés dans le tableau 3.

**Tableau 3** : Quantité annuelle de cuivre métal appliquée et nombre d'applications durant la saison 2018

	Modalités	Quantité Cu métal/ha/an	Nombre de traitement au pulvérisateur
N°1	TNT	0	0
N°2	Cu400	3.2 kg	8
N°3	Cu100	0.8 kg	8
N°4	Cu100+SN	0.8 kg	8
N°5	Cu100+HE Thym+SN	0.8 kg	8
N°6	Cu100+HE Thym+Adj	0.8 kg	8
N°7	HE Thym+SN	0 kg	8
N°8	Cu100+HE Origan+SN	0.8 kg	8

#### 4.2 Intensité des dégâts sur feuille

- Des différences significatives des valeurs AUDPC concernant l'intensité des dégâts sur feuilles ont été mise en évidence ( $p=0,004$ ).
- Au cours du mois de juillet, l'intensité des dégâts sur feuilles a peu évolué dans les différentes modalités (figure 4). En août, les dégâts ont beaucoup augmenté sur les modalités sans cuivre.

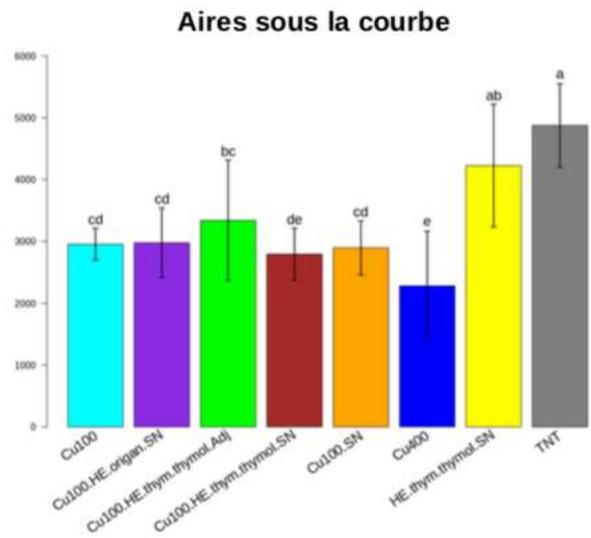
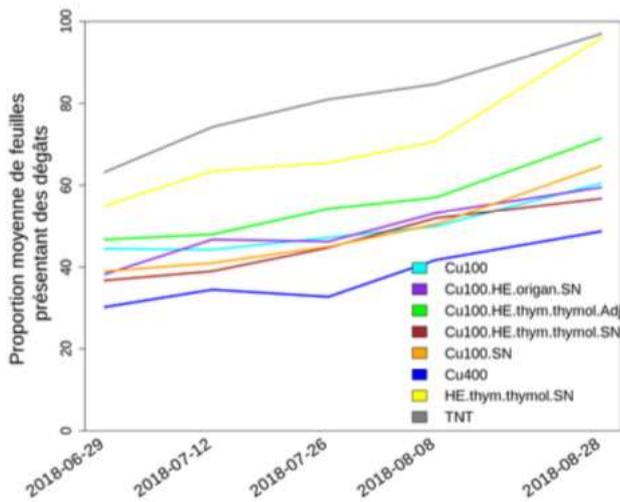


**Figure 4 :** Evolution de l'intensité des dégâts de mildiou sur feuilles (gauche) et intensité des dégâts sur feuille le 26 juillet 2018 (droite).

#### 4.3 Fréquence des dégâts sur feuille

- Des différences significatives des valeurs AUDPC concernant l'intensité des dégâts sur feuilles ont été mise en évidence ( $p=0,002$ ).
- L'évolution de la fréquence du mildiou sur feuilles est assez constante au cours de la saison (figure 5). Quatre groupes se distinguent, du TNT le plus touché, à la modalité cuivre à 400g/ha/traitement la moins touchée. Fin août, la fréquence des dégâts de la modalité HE de Thym à thymol et savon noir « rejoint » le niveau observé sur le TNT.

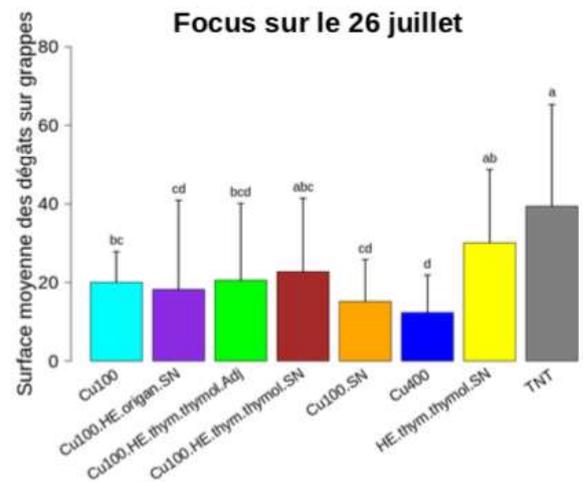
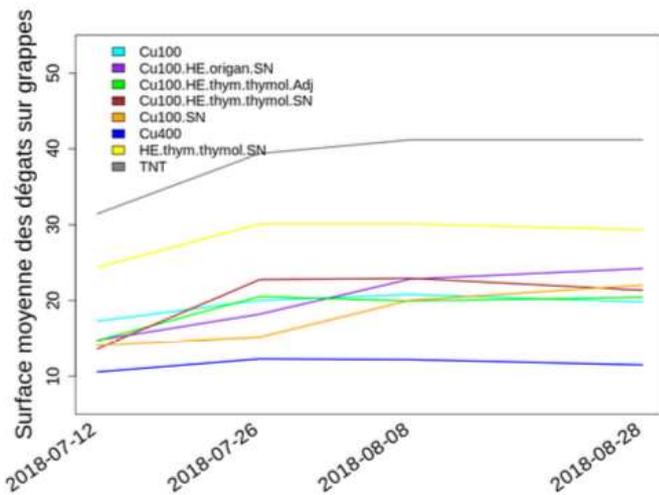
L'intérêt sur l'ensemble de la saison de la modalité associant huile essentielle de Thym à thymol, savon noir et cuivre à dose réduite (Cu100). Cette modalité a des résultats intermédiaires entre le cuivre à dose réduite et le cuivre à dose habituelle.



**Figure 5 :** Evolution de la fréquence des dégâts de mildiou sur feuilles (gauche) et AUDPC des fréquences de dégâts sur feuilles sur la saison 2018 (droite).

#### 4.4 Intensité des dégâts sur grappes

- Des différences significatives des valeurs AUDPC concernant l'intensité des dégâts sur feuilles ont été mise en évidence ( $p=0,033$ ).
- Après une augmentation en juillet, l'intensité des dégâts sur grappes a peu évolué dans les différentes modalités (figure 6). Quatre groupes se distinguent : TNT, HE de Thym à thymol (+ SN), les modalités avec faible dose de cuivre, et la référence (Cu400).
- Plusieurs modalités présentent un intérêt dans le contrôle du mildiou dont le cuivre à dose réduite associé à du savon noir.



**Figure 6 :** Evolution de l'intensité des dégâts de mildiou sur grappes (gauche) et intensité des dégâts sur grappes le 26 juillet 2018 (droite).

#### 4.5 Fréquence des dégâts sur grappes

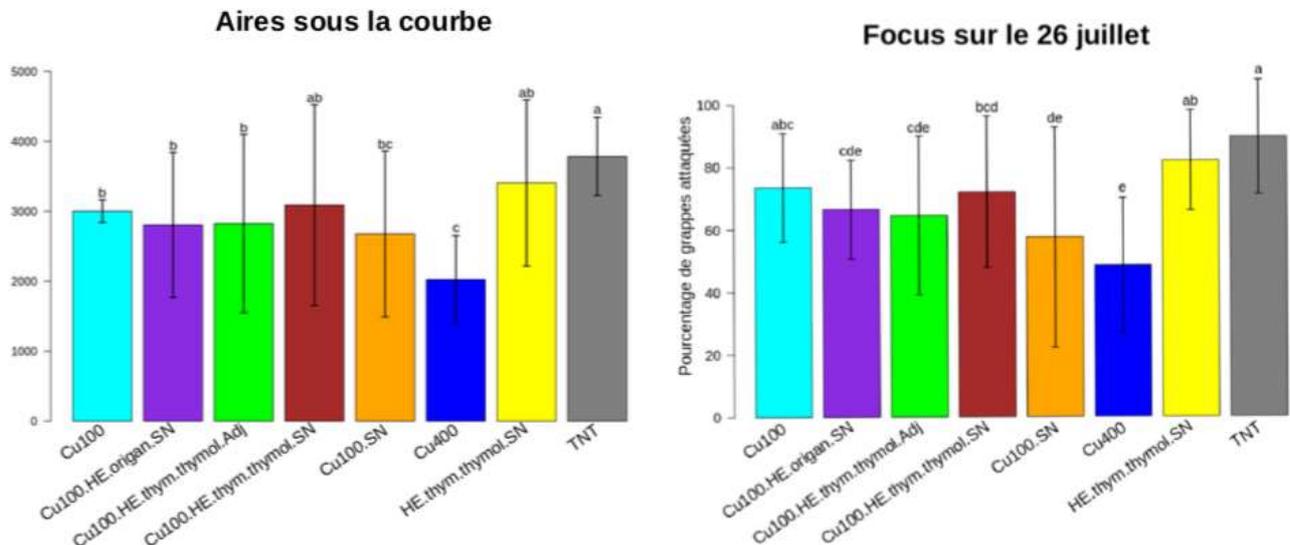
- Des différences significatives des valeurs AUDPC concernant l'intensité des dégâts sur feuilles ont été mise en évidence ( $p=0,020$ ).

- Deux modalités semblent présenter un intérêt sur la saison (figure 7) :

(1) l'huile essentielle de Thym à thymol + savon noir a des résultats intermédiaires entre le TNT et le cuivre à dose réduite

(2) le cuivre à dose réduite associé à du savon noir

- Fin juillet, la modalité cuivre à dose réduite associé au savon noir présente une meilleure efficacité que la modalité cuivre à dose réduite seule.



**Figure 7 :** AUDPC des fréquences de dégâts sur grappes sur la saison 2018 (gauche) et fréquence des dégâts sur grappes le 26 juillet 2018 (droite).

## 5 – DISCUSSION ET CONCLUSION

- Les épisodes de contamination par le mildiou se sont concentrés entre le 20 mai et le 15 juin (pluies abondantes). La brumisation a été réalisée début juillet afin d'amplifier le développement du mildiou.
- Enfin de saison, l'intensité des dégâts sur grappe atteint 40% sans traitement, 20% en utilisant une faible dose de cuivre (0,8kg Cu métal / saison) et 10% dans la référence régionale (3.2kg Cu métal / saison).
- Une forte variabilité des dégâts au sein d'une modalité donnée a été observée, rendant parfois délicat l'interprétation des résultats.
- L'ajout d'huile essentielle de thym à thymol+savon noir à une dose réduite de cuivre n'a pas permis d'augmenter significativement l'efficacité des traitements. En revanche, la comparaison des efficacité moyennes entre les 8 modalités suggère un effet partiel de l'HE de thym à thymol, confirmant les résultats significatifs observés en 2017.
- A NOTER ! Mélanger les huiles essentielles avec le savon noir 24h avant la préparation de la bouillie permet d'améliorer l'incorporation des HE dans la bouillie.