



Tomate en sol

Protection alternative contre la cladosporiose : utilisation du gluconate de cuivre

2023

Hermine SARTHOU, Claire GOILLON, Pauline DUVAL, APREL – Laetitia BAU, Stagiaire APREL
Alexandra CANDEILLE, CETA Durance Alpillès
Essai réalisé dans le cadre du projet RESISTOM

CONTEXTE & OBJECTIFS

La cladosporiose est une maladie aérienne provoquée par le champignon *Passalora fulva*. Elle se manifeste par des décolorations jaunes sur la face supérieure des feuilles ainsi que des taches blanchâtres et un duvet brun violacé sur la face inférieure des feuilles. Des attaques sévères peuvent entraîner l'enroulement, voire le dessèchement des feuilles. Celles-ci impactent ainsi lourdement la photosynthèse et donc la croissance et le rendement.

Celle-ci a été très problématique dans les années 80. Le levier variétal avec l'arrivée des résistances génétiques a permis de maîtriser rapidement la cladosporiose. La résistance *Pf* se décline actuellement sur 5 races A à E.

Avec le regain pour les variétés anciennes depuis 2014, la maladie fait de nouveau son apparition et fait partie des maladies les plus préoccupantes pour les producteurs. Mis à part le développement de nouvelles variétés résistantes sur le segment de diversification, les méthodes de lutte restent insuffisantes, d'autant plus que le levier variétal à lui seul n'est pas durable avec la possibilité de contournement de résistance.

Dans le cadre du projet RESISTOM, un screening de produits de biocontrôle a été réalisé par le laboratoire VEGENOV en 2022. D'après leurs résultats, les produits à base de cuivre sont de bons candidats. L'utilisation du gluconate de cuivre a montré notamment des résultats très intéressants, avec 99% d'efficacité par rapport au témoin traité à l'eau.

L'objectif de cet essai est ainsi d'évaluer l'utilisation du gluconate de cuivre en conditions de production. Pour cela, deux modalités de traitement sont comparées : l'utilisation du gluconate de cuivre comparé à un témoin traité à la bouillie bordelaise sur une variété sensible de typologie allongée cornue, Cornabel.

Le produit testé pour l'utilisation du gluconate de cuivre est le produit Cypros® de la société Agri Synergie, homologué sous forme d'engrais foliaire.

MATERIEL & METHODES

1. Site expérimental

L'essai a été mis en place à Saint-Andiol (13), sur une plantation de tomates de typologie allongée cornue correspondant à la variété Cornabel (Vilmorin), qui ne présente pas de résistance à la cladosporiose. La plantation a été réalisée au 2 mars 2023 en tunnels froids de 560 m², orientés Nord-Sud. Les plants sont greffés sur Embajador et conduits à deux têtes. Ils sont disposés sur 2 doubles rangs et 2 rangs simples avec une densité de 1.8 têtes/ m². Le palissage est oblique.

2. Modalités et calendrier de traitement

Chaque modalité est positionnée dans un tunnel entier, situés l'un à côté de l'autre.

Tableau 1. Présentation des modalités

Modalité	Tunnel Gluconate de Cuivre	Tunnel témoin – Stratégie Producteur Bouillie Bordelaise + soufre
Dose appliquée	Cypros - 5 L/ ha	BB Macclesfield 80 – 2 kg/ ha + Cosavet 3kg/ ha
Equivalent cuivre	5 % Cuivre → 250 g Cu/ ha/ application*	20 % de Cuivre → 400 g de Cu/ ha/ application*

* Les équivalents cuivre ont été calculés à partir de la grille de calcul de l'annexe 2, la dose maximale de Cuivre étant de 4 kg/an/ ha.

L'application des traitements a été pilotée selon les relevés climatiques enregistrés par une sonde Leafcrop (Sencrop) mesurant l'humectation foliaire, l'humidité relative et la température. Les traitements ont été déclenchés de façon préventive lorsque le seuil d'humectation a dépassé les 100 min sur une journée, une condition suffisante pour la germination des conidies. Les traitements ont été ainsi appliqués tous les 15 jours et/ou après une période considérée à risque (figure 1).

A partir de fin mai, le producteur a appliqué du gluconate de cuivre dans les deux tunnels.

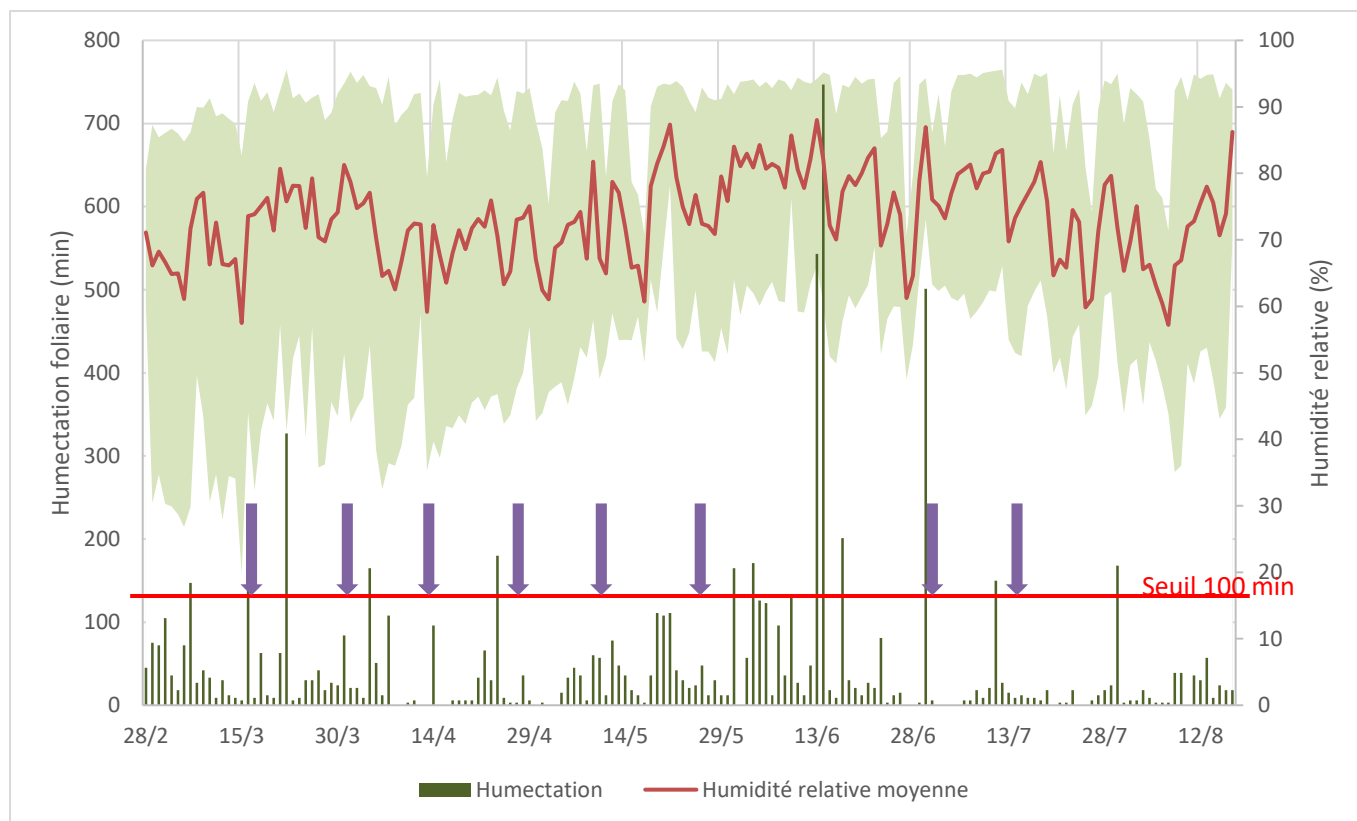


Figure 1. Positionnement des traitements selon le suivi de l'humidité relative et l'humectation foliaire (relevés dans le tunnel témoin). En violet les traitements.

Tableau 2. Calendrier des traitements réalisés

Date de traitement	Tunnel Gluconate de Cuivre	Tunnel témoin – Stratégie Producteur Bouillie Bordelaise + soufre
17/03	Cypros - 5 L/ ha	BB Macclesfield 80 – 2 kg/ ha + Cosavet 3kg/ ha
31/03	Cypros - 5 L/ ha	BB Macclesfield 80 – 2 kg/ ha + Cosavet 3kg/ ha
14/04	Cypros - 5 L/ ha	BB Macclesfield 80 – 2 kg/ ha + Cosavet 3kg/ ha
28/04	Cypros - 5 L/ ha	BB Macclesfield 80 – 2 kg/ ha + Cosavet 3kg/ ha
12/05	Cypros - 5 L/ ha	BB Macclesfield 80 – 2 kg/ ha + Cosavet 3kg/ ha
26/05	AG Gluco - 2L/ha + Cosavet 3kg/ha	
30/06	AG Gluco - 2L/ha + Cosavet 3kg/ha	
14/07	Labicuper – 2L/ha + Cosavet 3kg/ha	

*Pour l'application des premiers traitements, la souffeuse du pulvérisateur a été désactivée afin de gêner le moins possible les larves de *Macrolophus* sur le feuillage.

3. Observations et mesures

- La température, l'humidité relative et l'humectation foliaire dans la serre ont été enregistrées tout au long de la culture via une sonde connectée Sencrop positionnée dans le tunnel témoin.
- Un suivi phytosanitaire a été réalisé toutes les semaines à partir du 17 avril jusqu'au 2 août. A chaque date d'observation, 30 plantes par tunnel ont été choisies de manière aléatoire pour les notations. La pression d'infestation des plantes par la cladosporiose est notée sur 5 classes (de 0 à 4), décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Echelle de notation de pression de cladosporiose

Classe de pression de cladosporiose	Observations visuelles
Classe 0	Absence de trace d'infection des plantes à la cladosporiose
Classe 1	Première tache de cladosporiose observée sur quelques rares folioles
Classe 2	Plusieurs folioles sont atteintes de cladosporiose. L'infection se traduit sous forme de petites taches (< 5 taches observées sur l'ensemble de la plante)
Classe 3	Plusieurs taches sont observées par foliole dont des taches étendues. Il reste cependant des folioles indemnes, qui ne présentent pas de symptôme de cladosporiose.
Classe 4	Toutes les folioles de la plante présentent des symptômes de cladosporiose. Même les feuilles les plus proches de l'apex terminal sont touchées.

- Un suivi des auxiliaires a été également réalisé le premier mois de la culture avant et après les premiers traitements, pour évaluer l'impact des traitements sur l'installation de *Macrolophus pygmeus*, lâchés en pépinière avant plantation.

4. Analyses statistiques

Les données ont été traitées sur R. Un modèle de liens cumulatifs (CLM) a été utilisé pour analyser les données sous forme de classes. Un test ANOVA, suivi d'une comparaison par paire des EMMs (Estimated Marginals Means) ont été ensuite réalisés pour quantifier les différences entre tunnels, au risque de 5%.

RESULTATS

1. Suivi des paramètres climatiques

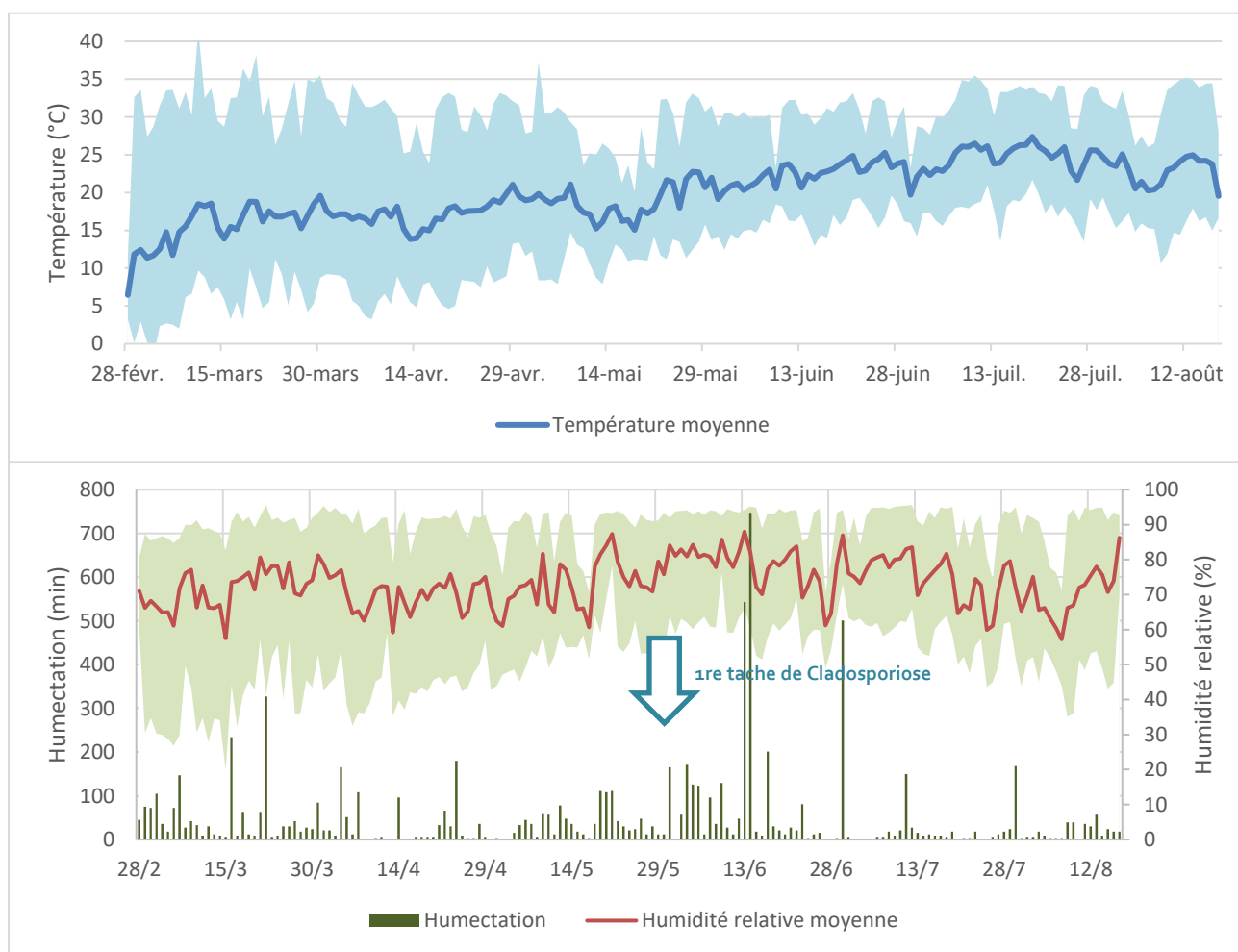


Figure 2. Relevés climatiques par la sonde Sencrop

2. Suivi de la cladosporiose

Habituellement, sur cette exploitation, les premiers symptômes apparaissent précocement dès le début du mois d'avril. En 2023, une attention particulière a été portée à l'aération des abris (lorsque les conditions météo le permettent) et un effeuillage en dessous du premier bouquet a été effectué au mois de mai. Ces mesures, en complément de la couverture de traitements préventifs au cuivre tous les 15j (6 applications en 3 mois) positionnés en fonction des relevés de la sonde d'humectation semble avoir permis de retarder l'apparition de la maladie.

Les premiers symptômes de cladosporiose ont été observés à partir du 30 mai, avec une première occurrence dans le tunnel témoin. Les premiers symptômes dans le tunnel traité au gluconate de soufre sont apparus le 9 juin, soit 10 jours plus tard (figures 2 et 3). La comparaison des niveaux de pression de cladosporiose à partir de fin mai montre que le niveau de pression est significativement plus faible dans le tunnel traité au Cypros ($X^2= 7.0239$, $p\text{-value} < 0.001$).

Le 13 juin, de forts orages provoquent un pic d'humectation (> 700min) dans un contexte de températures élevées (températures moyennes journalières >20°C). A la suite de cela, la maladie se développe plus rapidement dans les 2 tunnels, sans que les applications de cuivre ne permettent de la contenir. La progression est rapide (figure 3) d'autant que les traitements ont été espacés à cause des chantiers de récolte. Une des dernières applications de cuivre le 30 juin ne montre aucune efficacité sur les symptômes de la maladie.

Dès le 19 juin, le tunnel témoin présente plus de plantes notées classe 2 que le tunnel traité au Cypros ; tendance qui se confirme par la suite au cours de la saison de production.

Le 2 août, dernière date d'observation, les deux tunnels sont fortement infestés par la cladosporiose. Néanmoins, le tunnel traité au Cypros présente toujours moins de plantes notées en classe 4.

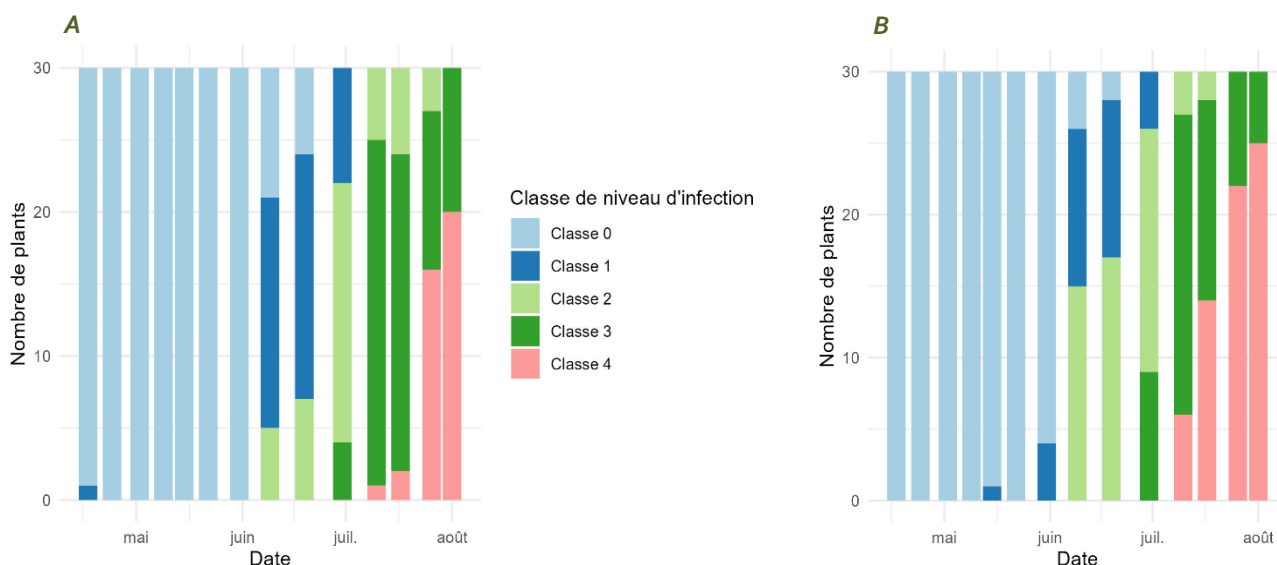


Figure 3. Evolution du niveau de pression de cladosporiose dans le tunnel traité au gluconate de cuivre (A) et le tunnel témoin (B).

3. Suivi Macrolophus

Aucun effet négatif n'a été observé sur l'installation des larves et adultes de *Macrolophus pygmeus* avec l'utilisation de bouillie bordelaise ou de gluconate de cuivre.

CONCLUSION

Jusqu'à fin mai, l'utilisation du produit Cypros (gluconate de cuivre sous forme d'engrais foliaire), conjuguée à un positionnement précis des applications en fonction des relevés climatiques (notamment l'humectation), à des pratiques d'aération et d'effeuillage raisonnées, a permis de retarder et limiter l'infestation de la cladosporiose. Les applications de cuivre (quelle que soit la modalité) restent toutefois insuffisantes pour contrôler totalement la maladie lorsque les températures augmentent et que les traitements sont moins fréquents. Un renouvellement de l'essai serait nécessaire pour confirmer les tendances observées.

Renseignements complémentaires auprès de :

Pauline DUVAL - APREL, 13210 Saint-Rémy-de-Provence, tél. 04 90 92 32 52- duval@aprel.fr

Action 748b

<p>Réalisé avec le soutien financier de :</p>	<p>FranceAgriMer ÉTABLISSEMENT NATIONAL DES PRODUITS DE L'AGRICULTURE ET DE LA MER</p>	<p>Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR</p> <p>MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION Liberté Égalité Fraternité</p>	<p>RÉGION SUD</p> <p>PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR</p>
---	--	--	---

ANNEXE

(1) Grille de calcul pour obtenir la quantité de cuivre métal souhaitée (Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, 2022)

3 - Utilisez le tableau ci-dessous pour savoir combien de kg ou de l/ha de produit vous devez utiliser pour obtenir la quantité de cuivre métal souhaitée.

Concentration en cuivre métal du produit commercial (g/L, g/kg ou %)	Quantité de cuivre métal souhaitée (g/ha)																		Quantité de spécialité à apporter (kg ou L /ha)
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	500	
20%	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750	0,875	1,000	1,125	1,250	1,375	1,500	1,625	1,750	1,875	2,000	2,125	2,250	2,500	
22%	0,227	0,341	0,455	0,568	0,682	0,795	0,909	1,023	1,136	1,250	1,364	1,477	1,591	1,705	1,818	1,932	2,045	2,273	
25%	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	1,800	2,000	
28%	0,179	0,268	0,357	0,446	0,536	0,625	0,714	0,804	0,893	0,982	1,071	1,161	1,250	1,339	1,429	1,518	1,607	1,786	
30%	0,167	0,250	0,333	0,417	0,500	0,583	0,667	0,750	0,833	0,917	1,000	1,083	1,167	1,250	1,333	1,417	1,500	1,667	
35%	0,143	0,214	0,286	0,357	0,429	0,500	0,571	0,643	0,714	0,786	0,857	0,929	1,000	1,071	1,143	1,214	1,286	1,429	
37,5%	0,133	0,200	0,267	0,333	0,400	0,467	0,533	0,600	0,667	0,733	0,800	0,867	0,933	1,000	1,067	1,133	1,200	1,333	
40%	0,125	0,188	0,250	0,313	0,375	0,438	0,500	0,563	0,625	0,688	0,750	0,813	0,875	0,938	1,000	1,063	1,125	1,250	
45%	0,111	0,167	0,222	0,278	0,333	0,389	0,444	0,500	0,556	0,611	0,667	0,722	0,778	0,833	0,889	0,944	1,000	1,111	
50%	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900	1,000	
124	0,403	0,605	0,806	1,008	1,210	1,411	1,613	1,815	2,016	2,218	2,419	2,621	2,823	3,024	3,226	3,427	3,629	4,032	
190	0,263	0,395	0,526	0,658	0,789	0,921	1,053	1,184	1,316	1,447	1,579	1,711	1,842	1,974	2,105	2,237	2,368	2,632	
272	0,184	0,276	0,368	0,460	0,551	0,643	0,735	0,827	0,919	1,011	1,103	1,195	1,287	1,379	1,471	1,563	1,654	1,838	
300	0,167	0,250	0,333	0,417	0,500	0,583	0,667	0,750	0,833	0,917	1,000	1,083	1,167	1,250	1,333	1,417	1,500	1,667	
357	0,140	0,210	0,280	0,350	0,420	0,490	0,560	0,630	0,700	0,770	0,840	0,910	0,980	1,050	1,120	1,190	1,261	1,401	
360	0,139	0,208	0,278	0,347	0,417	0,486	0,556	0,625	0,694	0,764	0,833	0,903	0,972	1,042	1,111	1,181	1,250	1,389	
400	0,125	0,188	0,250	0,313	0,375	0,438	0,500	0,563	0,625	0,688	0,750	0,813	0,875	0,938	1,000	1,063	1,125	1,250	