



Tomate sous abri

Développement d'un modèle de prévision du risque

Cladosporiose en culture de tomate sous abri.

2025

Solenn Caulet Lardenois, Hindi Boolell, Claire Goillon, **APREL**

Thierry Corneille, **CETA de Châteaurenard**

Auréli Coste, **CETA Saint Martin de Crau**

Alexandra Candaille, **CETA Durance Alpilles**

Helen Larguier **CETA Eyguières**

Essai rattaché au projet MICLADO (Développement de modèles de prévision du risque *Mildiou* en culture de laitue et Cladosporiose en culture de tomate, adaptés à la production sous abri)

Action A965



Photo : Alexandra Candaille CETA Durance Alpilles

Réalisé avec le soutien financier de :



GOVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité

La responsabilité du Ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée

Résumé

La cladosporiose est un pathogène de la tomate qui provoque des dégâts sur les feuilles et affaiblit la plante. Le développement de ce pathogène est fortement influencé par les conditions météorologiques. Ce projet a pour objectif de créer un modèle de risque d'infection de la cladosporiose afin de permettre aux producteurs de corriger leur conduite climatique, de mieux placer leurs interventions pour retarder la maladie.

Cette année, 6 parcelles sont suivies pour compléter les données acquises durant le projet RESISTOM. La cladosporiose est apparue sur 5 parcelles, chaque période de contamination identifiée a en commun une hygrométrie supérieure à 85% prolongée. Mais d'autres facteurs comme la température et l'humectation varient d'un site à l'autre.

Mots-clés : Tomate sous abri, Cladosporiose, Climat

1 - Contexte et objectifs de l'essai

La cladosporiose (*Fulvia Fulva*) est un pathogène de la tomate dont le développement est favorisé par une **humidité relative supérieure à 85%** et une température optimale comprise entre **20 et 25°C** avec un **seuil limitant l'activité de 11°C** (McGilp, 2018). La durée d'incubation du pathogène varie de **10 à 15 jours**. Actuellement encore de nombreuses variétés de tomates y sont sensibles, notamment les variétés de diversification, et il n'y a pas de solution alternative efficace pour la production à bas intrants. Le but du projet MICLADO est de définir les conditions climatiques favorables au développement de la cladosporiose afin de mieux anticiper son développement et de créer un OAD type modèle de prédiction.

Cette année, nous sommes dans la phase d'acquisition des données afin de créer un premier modèle et de choisir les indicateurs climatiques qui sont les plus adaptés. La création d'une première ébauche de modèle est réalisée en utilisant les données acquises lors du projet RESISTOM (2021-2023). RESISTOM est un projet France AGRIMER porté par l'APREL, porté sur la recherche de variétés de tomates résistantes à la cladosporiose à la baisse d'utilisation des intrants phytosanitaires. Ce travail n'est pas présenté cette année afin de présenter un rendu clair dans la suite du projet.

2 - Matériel et méthodes

2.1 - Réseau parcellaire

Le réseau comprend 6 parcelles situées dans les Bouches du Rhône avec des variétés cultivées sensibles à la cladosporiose et une diversité de conduites (AB et conventionnel).

Tableau 1 : récapitulatif des sites suivis en 2025

CETA	CETA Châteaurenard	CETA Durance Alpilles	CETA St Martin de Crau	APREL	APREL	CETA Eyguières
Système	Conventionnel		AB			
Localisation	Châteaurenard	St Andiol	Salon de Provence	St Martin de Crau	Entressen	Lambesc
Date de plantation	21 janvier	3 mars	5 février	5 février	28 février	7 mars
Variété	Gourmandia	Gourmansun	Cardinal	Cardinal	Cardinal	Cardinal
Abri	Serre verre	Tunnel	Multichapelle DPG	Serre verre	Serre verre	Tunnel
Densité	2pl/m ²	1.8pl/m ²	2pl/m ²	2pl/m ²	2.15pl/m ²	2 pl/m ²
Palissage	Training	Vertical	Training	Vertical	Vertical	Vertical

2.2 - Observations et mesures

• Sur la culture de tomate

Les notations commencent à la détection de la première tache puis sont effectuées toutes les semaines puis tous les 15 jours lorsque 100% des plantes sont en classe 3. 10 plantes sont notées. La contamination des plantes est notée ainsi :

- Classe 0 : Absence de symptômes
- Classe 1 : 1^{ère} Tache
- Classe 2 : quelques taches sur maximum 3 feuilles
- Classe 3 : quelques taches sur plus de 3 feuilles
- Classe 4 : taches plus nombreuses et plus grosses sur + de 3 feuilles
- Classe 5 : contamination générale sur toutes les feuilles

Sont également notés les stades clés de la culture, la date de plantation ainsi que la densité des plants, le dispositif de plantation, de palissage, le greffage et les interventions du producteur.

• Suivi du climat

Les données climatiques sont enregistrées par des sondes Sencrop qui permettent de suivre la température, l'hygrométrie et l'humectation foliaire toutes les heures. Ces sondes sont placées à 1.50m du sol. La sonde d'humectation foliaire est placée dans le feuillage pour simuler une feuille.

2.3 - Analyse de données

Les données sont traitées de façon exploratoire. L'objectif est d'observer ce qu'il se passe dans les 15 jours avant l'apparition des symptômes au niveau des données climatiques.

3 - Résultats

3.1 - Évolution de la cladosporiose

Sur les 6 parcelles observées en 2025, la cladosporiose est apparue sur 4 parcelles et sur une 5^{ème} mais sur une autre variété que celle définie au préalable. À Entressen, la première observation a été effectuée le 7 avril. À Saint Martin de Crau et Lambesc, les symptômes ont été observés pour la première fois mi-mai. À Saint-Andiol, les symptômes sont apparus début juin. À Entressen, il y a eu de la cladosporiose mais il n'y a pas eu de suivi des classes

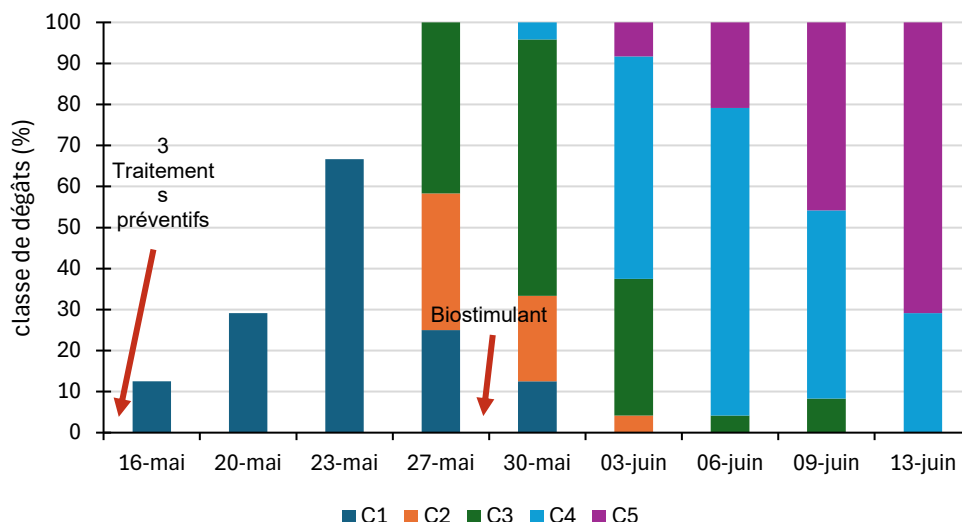


Figure 1: Evolution des classes de dégâts à Saint Martin de Crau

À Saint Martin de Crau, 100% des plantes sont contaminées 12 jours après l'observation des premières taches. Au bout de 20 jours certaines plantes commencent à être totalement contaminées (C5). Avant l'apparition des de la cladosporiose, il y a eu 3 traitements préventifs effectués dont un au soufre et cuivre et deux au cuivre. Sur la période observée il y a eu une application de biostimulant avec du gluconate cuivre le 28 mai (flèche rouge) qui n'a pas eu d'effet sur la contamination de cladosporiose.

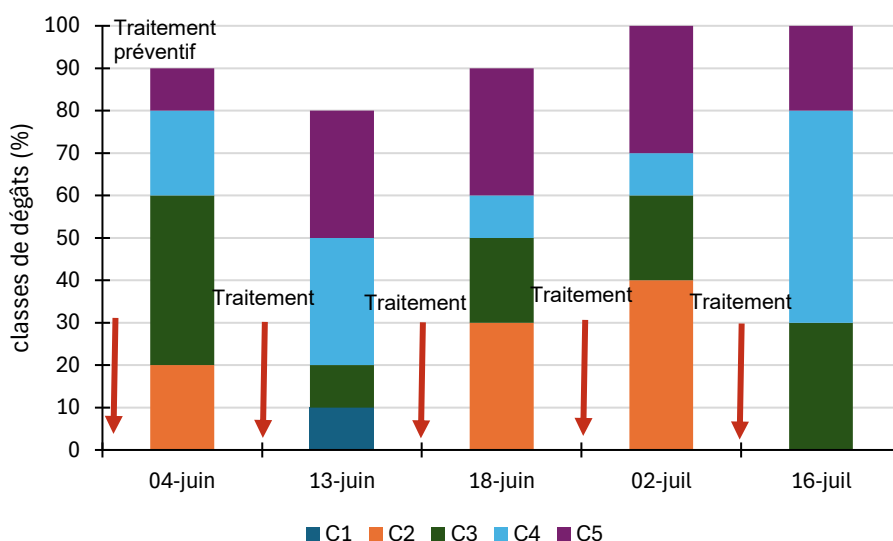


Figure 2 : Evolution des classes de dégâts à Lambesc

Les premières taches de cladosporiose ont été observées le 21 mai à Lambesc, mais il n'y a pas eu de notations. Un seul traitement préventif au cuivre a été réalisé le 13 mai. Les traitements au cuivre n'ont pas permis de contenir la maladie. De plus sur cette parcelle, les plants de tomate cumulaient d'autres problèmes sanitaires et physiologiques, ce qui a pu favoriser le développement de la cladosporiose.

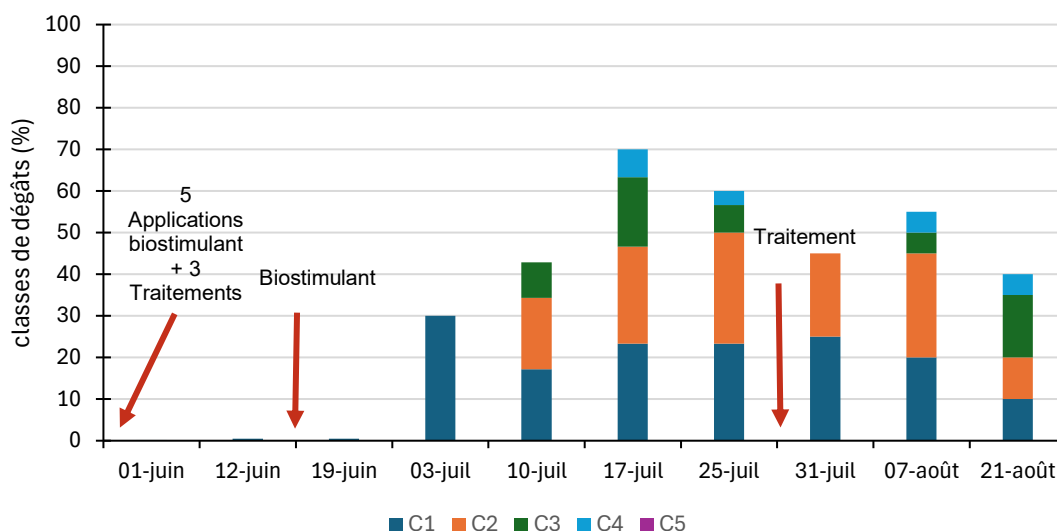


Figure 3 : Evolution des classes de dégâts à Saint Andiol

À Saint Andiol, la progression de la cladosporiose a été lente. Il faut attendre 1 mois après la 1^{re} observation pour voir une augmentation des plantes contaminées (30% de plantes avec symptômes). Les applications sur la culture (flèche rouge) semblent avoir contenu le développement de la cladosporiose. Celui du 17 juin est un biostimulant contenant du gluconate de cuivre et celui du 26 juillet est composé de difénoconazole et de cyflufenamid. En début de culture, 5 applications de biostimulants à base de gluconate de cuivre et 3 traitements phytosanitaires à base de cuivre également ont pu avoir un effet préventif contre la cladosporiose. Le cuivre contenu dans les biostimulants fait office d'antifongique.

3.2 - Conditions climatiques avant l'apparition des symptômes

Sur les graphiques suivants, on observe les conditions climatiques sur environ 15 jours précédant la 1^{re} observation des symptômes de cladosporiose où peut avoir lieu potentiellement la contamination (ligne verte). Les 10 jours précédant l'observation correspondent à la période d'incubation potentielle (identifiées par les lignes vertes pointillées). L'objectif est de définir une période de contamination type pour le modèle. L'hygrométrie étant le facteur prédominant, les périodes où l'humidité relative est supérieure à 85% sont identifiées en rouge et peuvent correspondre à une période de contamination. Sur cette période sont identifiés ensuite les périodes où la température est inférieure à 11°C, sous le trait violet.

➤ Entressen

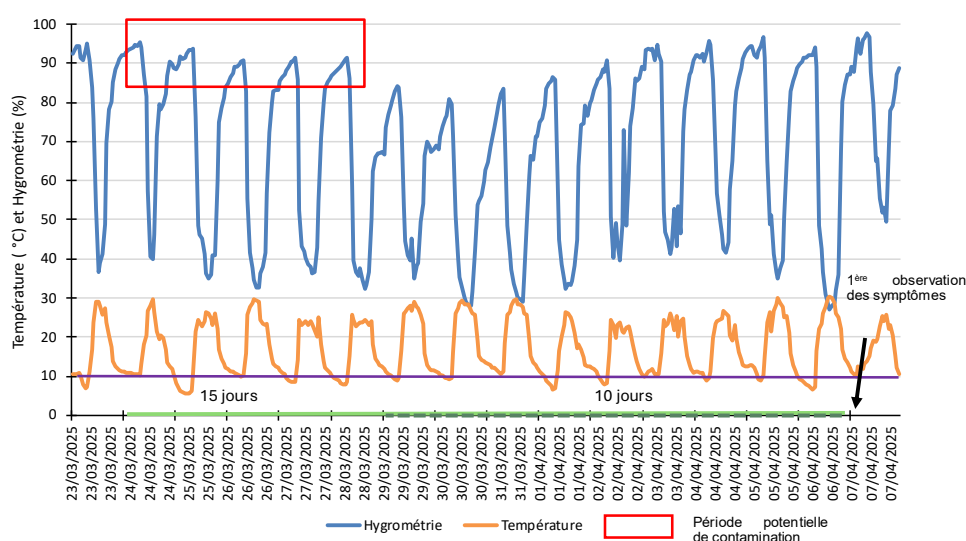


Figure 4 : conditions climatiques sur la parcelle à Entressen

À Entressen, sur la période potentielle de contamination il n'y a pas eu d'humectation sur les feuilles. La durée d'incubation semble être de 15 jours mais peut-être impacté par les températures inférieures à 11°C (sous le trait violet) les jours avant. Les plantes lors de la contamination sont au stade F2/F3.

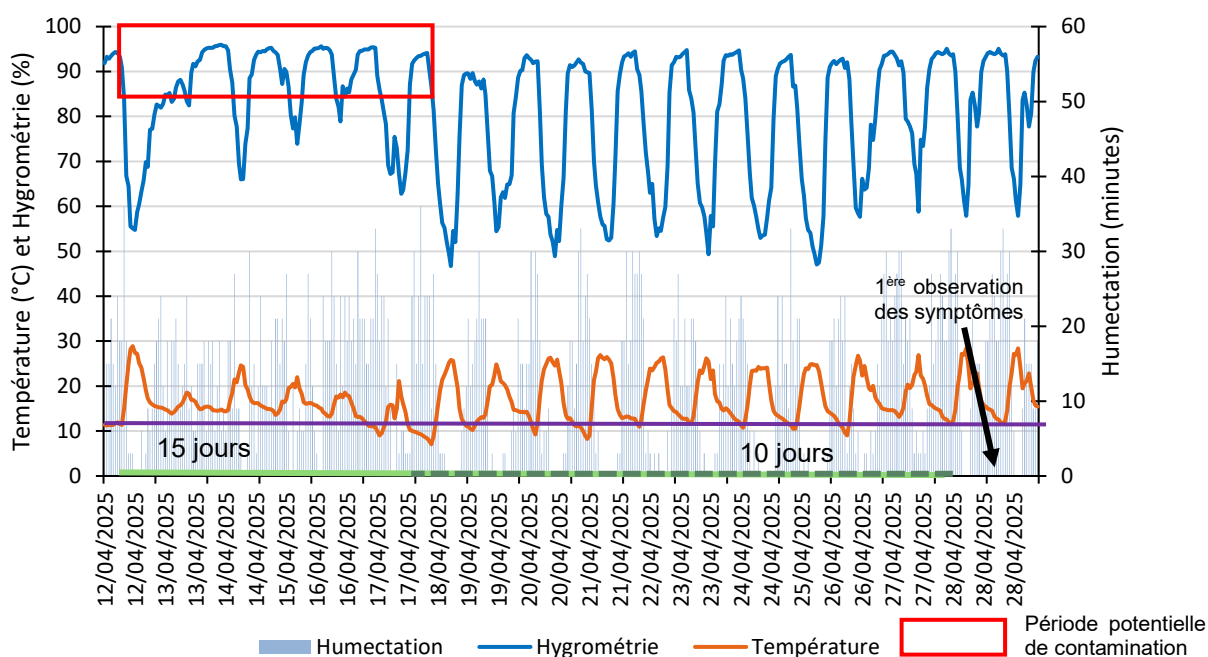
➤ **Salon de Provence**

Figure 5 : Conditions climatiques sur la parcelle à Salon de Provence

À Salon de Provence, il y a une humectation importante en permanence, au-dessus de 100 minutes par jour. Pendant la période d'incubation de 15 jours (vert) il y a plusieurs moments où la température descend en dessous de 11°C. Cependant, c'est cette période d'incubation qui a les meilleures conditions de contamination possible avec une hygrométrie supérieure à 85% longue de 14h au 12 avril de 9h au 13 avril et 14h au 14 avril. Sur cette parcelle la cladosporiose est apparue sur une autre variété que celle observée. Lors de la contamination, les plantes sont au stade F4.

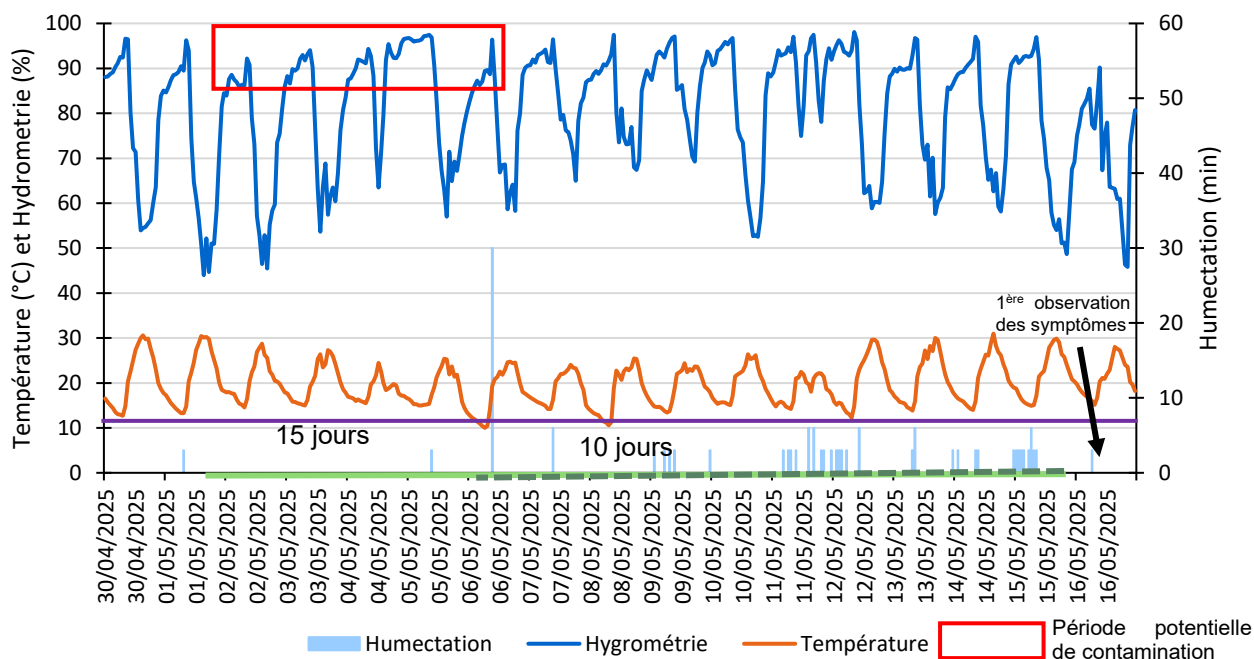
➤ **Saint Martin de Crau**

Figure 6 : conditions climatiques sur la parcelle à Saint Martin de Crau

À St Martin de Crau, l'humectation des feuilles est faible durant l'éventuelle période de contamination et dure 30 minutes, le 6 mai. Mais la période où l'hygrométrie est supérieure à 85% dure 20 heures le 04 mai et 11h

le 05 mai. La température est très proche de 11°C le 6 mai, mais cela n'empêche pas la maladie d'apparaître. Les plantes sont au stade de récolte lors de la contamination.

➤ Lambesc

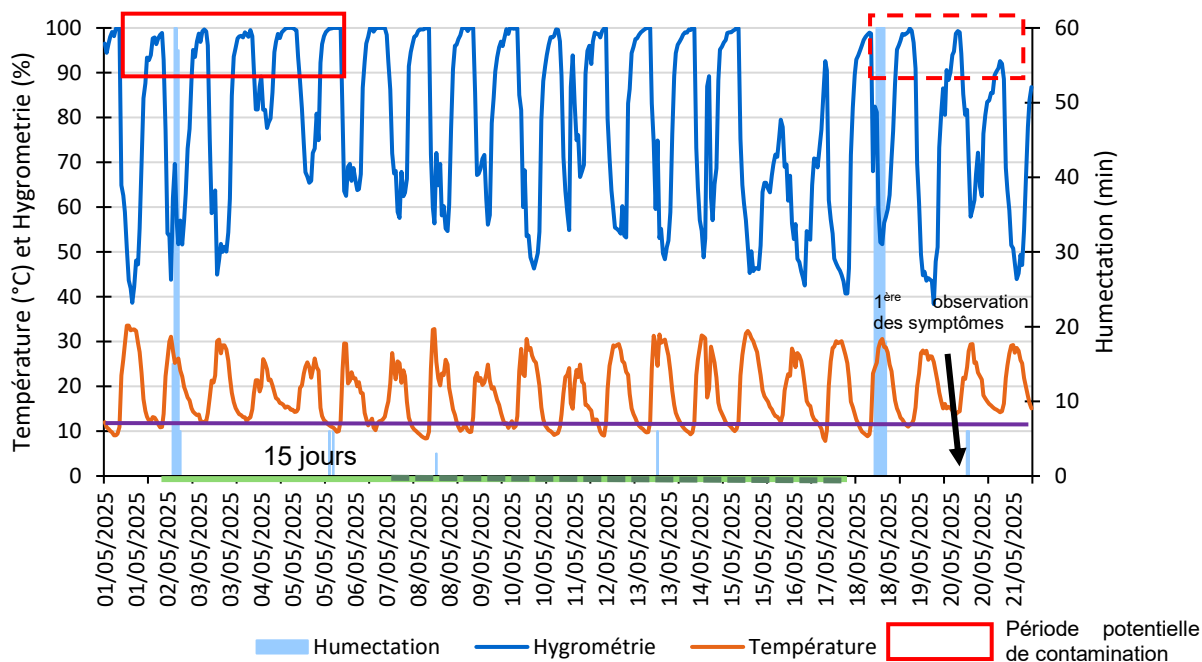


Figure 7 : Conditions climatiques sur la parcelle à Lambesc

À Lambesc, le pic d'humectation des feuilles du 2 mai a lieu dans une période où l'humidité relative est faible. Ce pic dure 111 minutes (1h51). La période où l'humidité relative est supérieure à 85% dans les jours qui suivent est de 14h en moyenne. Le 6 mai la température descend en dessous du seuil des 11°C. Ces conditions semblent permettre une contamination avec 15 jours d'incubation avec une observation des symptômes le 21 mai. A cette période les plants de tomate sont au stade F4. En rouge pointillé, le pic d'humectation et une humidité relative supérieure à 85% pourraient permettre une nouvelle contamination.

➤ Saint Andiol



Figure 8 : Conditions climatiques sur la parcelle à Saint Andiol

À Saint Andiol, le pic d'humectation important le 20 mai est de 150 minutes (2h30) avec 5 heures d'humidité relative supérieure à 85%, ce qui pourrait en faire une période de contamination optimale avec une durée d'incubation de 10 jours (pointillés vert). Une autre période de contamination possible, serait la période du 11 mai (correspondant au trait vert), à cette date, l'humidité relative est supérieure à 85% pendant 10h en début

de journée, ce qui peut permettre une contamination. L'apparition des dégâts aurait lieu le 25 mai pour leur observation le 1 juin. Il est également possible que le 11 et le 20 mai soient toutes les deux des périodes favorables à la contamination optimale. Lors des périodes de contamination les plantes sont au stade F6.

➤ **Châteaurenard**

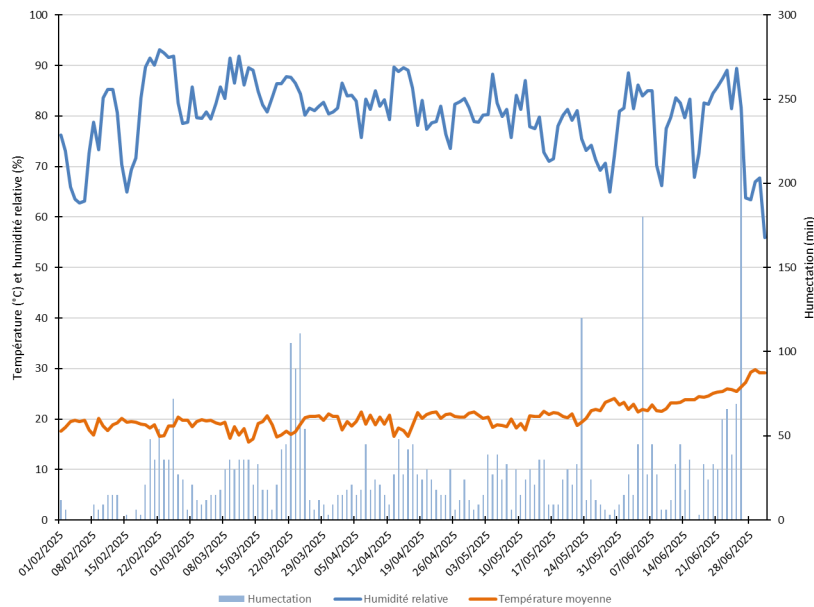


Figure 9 : Conditions climatiques sur la parcelle de Châteaurenard

Les conditions climatiques sur la durée de l'essai sont très souvent supérieures à 85% pour l'hygrométrie. L'humectation est aussi très présente sur cette parcelle. Bien que les conditions soient favorables au développement de la cladosporiose, les traitements effectués sur la parcelle ont empêché le développement de la cladosporiose.

➤ **Bilan des différents sites observés**

Tableau 2 : synthèse des sites

Système	Site	Stade lors de la contamination	% plantes touchées lors de la 1re observation	Délai pour 100% de plantes touchées	% maximum de plantes en C3	Applications impactant la cladosporiose	
						Phytoprotecteur	Biofertilisant
Conventionnel	Châteaurenard		Pas d'apparition de la cladosporiose			4	1
	St Andiol	F6	0.15%	1.5 mois (70%)	16.6%	4	6
AB	Entressen	F2/F3	1.38%	~3mois (87,5%)	/	2	0
	Salon de Provence	F4	/	/	/	6	3
	St Martin de Crau	Récolte	12.5%	11j	62.5%	4	0
	Lambesc	F4	90%	1.5 mois	40%	5	0

Globalement, la durée d'incubation est de 15 jours, et les stades des plants de tomate sont plutôt avancés lors de la contamination, excepté à Entressen. Lors de la première observation de cladosporiose, la proportion de plantes touchées est relativement faible (<15%) À Lambesc, il y a eu un retard des premières observations, ce qui biaise ls résultat.

On note par ailleurs une différence dans l'efficacité des traitements effectués entre le système conventionnel et en AB : pour le même nombre de traitements phytosanitaires le développement du pathogène est différent.

Tableau 3 : synthèse du climat lors de la contamination

				Conditions climatiques pendant la période d'incubation			
Système	Site	Date contamination et période d'incubation		Nombre d'heure HR>85% et T>11°C	Nombre d'heure HR>85% et T>20°C	Humectation (min)	Niveau pression estimé producteur
Conventionnel	Châteaurenard	Pas d'apparition de la cladosporiose					
	St Andiol	12/05	15j	5	1	0	Moyenne
		20/05	10j	5	0	0	
AB	Entressen	26/03	15j	2	0	0	Moyenne
	Salon de Provence	13/04	15j	8	0	93	Moyenne
	St Martin de Crau	05/05	11j	10	0	3	Très forte
	Lambesc	02/05	15j	8	0	0	Forte

Ce tableau montre qu'il n'y a pas besoin que la température soit supérieure à 20°C pour que la contamination ait lieu. La principale cause de la contamination est l'hygrométrie supérieure à 85%. La diminution de la période d'incubation peut-être liée à l'humectation lors de la contamination et aussi à la température pendant la période d'incubation.

4 - Conclusion

L'hygrométrie semble la condition la plus importante pour la contamination, dans les sources bibliographiques et les observations de terrain. Au sein du réseau de parcelles, il y a une diversité importante de conditions sur les périodes de contamination identifiées : absence d'humectation sur les feuilles ou longue durée d'humectation, température inférieure à 11°C ou comprise entre 20 et 25°C. Mais une constante reste l'hygrométrie supérieure à 85% sur des longues durées. Cela complexifie l'identification des périodes de contamination. Il est également observé que lorsque la température est en permanence inférieure à 11°C et que l'hygrométrie est supérieure à 85%, il n'y a pas de développement de la maladie (peut-être que ces périodes sont trop tôt dans l'année pour permettre une contamination). Ces périodes de basse température en début d'année coïncident avec une hygrométrie généralement très importante. L'absence de contamination peut aussi être lié au manque de spores dans l'air ambiant des serres à cette période-là.

L'année prochaine, pour améliorer et valider le modèle, le suivi en réseau de parcelles va intégrer des parcelles de Rougeline dans le secteur sud-ouest. Des analyses de sève sont également prévues, car certaines maladies sont favorisées par le déséquilibre nutritionnel des plantes. L'ajout des traitements phytosanitaires au modèle peut être intéressant. Pour l'instant le travail de modélisation reste basé sur la première détection de la maladie.

Références bibliographiques

McGilp, L., 2018. Characterization of *Passalora fulva* and tomato leaf mold-associated fungi in Minnesota high-tunnels and the management of common high-tunnel tomato diseases.