



## Tomate

### Evaluation des acariens prédateurs contre les nématodes à galle

2025

Claire GOILLON, Louane CARRUOLO, APREL

Essai rattaché au projet Melomites : Elaboration d'une méthode de protection biologique innovante avec des acariens prédateurs contre les nématodes à galle *Meloidogyne* en maraîchage

Action A959



#### Résumé

Le projet Melomites (2025-2027) vise à proposer une stratégie de protection non chimique, efficace et viable pour lutter contre les nématodes à galle. Les acariens prédateurs proposés par l'entreprise EVA sont introduits dans plusieurs parcelles contaminées pour tester leur efficacité dans des conditions pédoclimatiques différentes. Des essais complémentaires en laboratoire sont menés avec INRAE et EVA pour préciser la compatibilité de l'acarien avec les pratiques et sa dynamique de développement dans les sols.

L'APREL mène chaque année 2 essais en production : un essai sur une parcelle de concombre de 2025 à 2027 et un autre sur des cultures différentes.

En 2025 l'essai a été conduit sur tomate, en AB avec présence majoritaire de *Meloidogynes incognita*.

Après 3 lâchers d'acariens en cours de culture, l'observation des indices de galle racinaires à l'arrachage montre une réduction du niveau de contamination sur la modalité avec acariens par rapport au témoin. Les IGR moyens sont réduits de 50% et la proportion de plantes avec IGR >6 est moins importante.

Cependant, les quantifications de nématodes dans le sol ne permettent pas de confirmer cette observation. Il n'y a pas d'effet des acariens sur les nématodes non phytoparasites permettant de conserver un bon état biologique du sol.

Mots-clés : nématodes, auxiliaires, PBI, acariens, IGR

Réalisé avec le soutien financier de :

RÉGION  
SUD



PROVENCE  
ALPES  
CÔTE D'AZUR

FranceAgriMer  
ÉTABLISSEMENT NATIONAL  
DES PRODUITS DE L'AGRICULTURE ET DE LA MER

Avec  
la contribution  
ncière du compte  
fectation spéciale  
développement  
agricole et rural  
CASDAR

MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE L'ALIMENTATION  
L'Union  
Européenne  
Préférence

#### 1- Contexte et objectif de l'essai

Les nématodes à galles phytoparasites du genre *Meloidogyne* sont d'importants ravageurs du sol en cultures maraîchères car la plupart des espèces y sont sensibles. Le projet MELOMITES piloté par l'APREL ambitionne de proposer une solution de protection biologique en cours de culture en utilisant un acarien prédateur d'œufs et de larves de nématodes. Les actions menées visent à mesurer l'efficacité de prédation de l'acarien, évaluer sa complémentarité avec d'autres solutions, et proposer une stratégie durable permettant de réduire les pertes de rendement liées aux nématodes.

Les acariens prédateurs proposés par l'entreprise EVA sont introduits dans plusieurs parcelles contaminées pour tester leur efficacité dans des systèmes de culture variés et dans différentes conditions pédoclimatiques.

L'APREL réalise ces essais dans plusieurs parcelles sur la durée du projet :

- Une parcelle où le suivi sera réalisé pendant 3 ans sur concombre et salade en culture conventionnelle
- Une parcelle où le suivi est réalisé à l'échelle d'une saison sur d'autres cultures que le concombre.

Ce rapport fait état d'un essai conduit sur une parcelle de tomate en Agriculture biologique.

## 2- Facteurs et modalités étudiés

Les modalités qui sont comparées dans cet essai sont :

Tableau 1 : Modalités dans l'essai

Modalité	
Temoin	Aucune intervention contre nématodes
Melomites	Lâchers d'acariens prédateurs

## 3- Matériel et méthodes

### 3.1 - Matériel végétal

L'essai est conduit sur deux variétés de tomate ancienne : variété population « Cardinale » dans la typologie Cœur de Bœuf et la variété Green Zebra. Elles sont toutes les deux greffées sur Embajador, porte-greffe de RijkZwaan, avec un gène de résistance intermédiaire à *Meloidogyne incognita* (Mi-1).

- Cardinale est conduite sur un seul bras
- Green Zebra est conduite sur 2 bras

Les plants sont fournis par le pépiniériste du producteur « Meffre plants » à Montoux.

Les acariens sont fournis par la société EVA selon les besoins de l'essai

### 3.2 - Site d'implantation, parcelle

Les essais sont menés sur une exploitation en Agriculture Biologique à Entressen (EARL Bioval), connue de l'APREL pour son historique nématodes. L'essai est positionné dans une ancienne serre verre de 1ha en rotation tomate/herbes aromatiques. Il couvre 2 chapelles avec un précédent chou-rave cultivé jusqu'en février 2025.

Le sol est de type calcaire avec une texture sableuse-argilo-limoneuse et une forte proportion de cailloux (ancien lit de la Durance). Il se caractérise aussi par un taux de Matière organique assez élevé lié aux pratiques d'amendement biologique (4.2%). Le pH est élevé comme dans toute la région (pH eau de 8.3)

### 3.3 - Dispositif expérimental

L'essai est positionné dans la 8<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> chapelle de la serre avec un précédent chou-rave homogène.

Les variétés étant différentes dans ces 2 chapelles, même si le porte-greffe est identique (facteur lié aux nématodes), les 2 modalités ont été positionnées dans la moitié de chaque chapelle. Le dispositif comprend donc 2 répétitions de 3 rangées de tomate pour chaque modalité (Fig 1)

- Surface d'une chapelle : 307 m<sup>2</sup> (48m \* 6.40 m)
- Surface de chaque modalité : 307 m<sup>2</sup>
- Nombre de plants : 324 plants pour Cardinale (3 rangées de 108 plants simples bras) et 162 plants pour Green Zebra (3 rangées de 54 plants doubles bras)

#### Mise en œuvre de la modalité Melomites

La planification des lâchers d'acariens prédateurs est définie selon les recommandations d'EVA pour les cultures d'été et ajustée selon les contraintes de terrain

	Recommandation initiale (EVA)	Planning réellement effectué
1 <sup>r</sup> lâcher	2 semaines après plantation	3 semaines après plantation (24 mars)
2 <sup>e</sup> lâcher	6 semaines après le 1 <sup>r</sup> lâcher	5 semaines après le 1 <sup>r</sup> lâcher (30 avril)
3 <sup>e</sup> lâcher	4 semaines après le 2 <sup>e</sup> lâcher	5 semaines après le 2 <sup>e</sup> lâcher (4 juin)

Les lâchers sont réalisés dans les trous de plantation avec l'épandeur mis à disposition par EVA ou avec une petite cuillère de 5mL. Ils sont expédiés le lundi, réceptionnés le mardi et lâchés au maximum 2j après réception.

Dose : 100 individus/m<sup>2</sup>, soit 50 individus/plant (densité de 2 plants/m<sup>2</sup>)

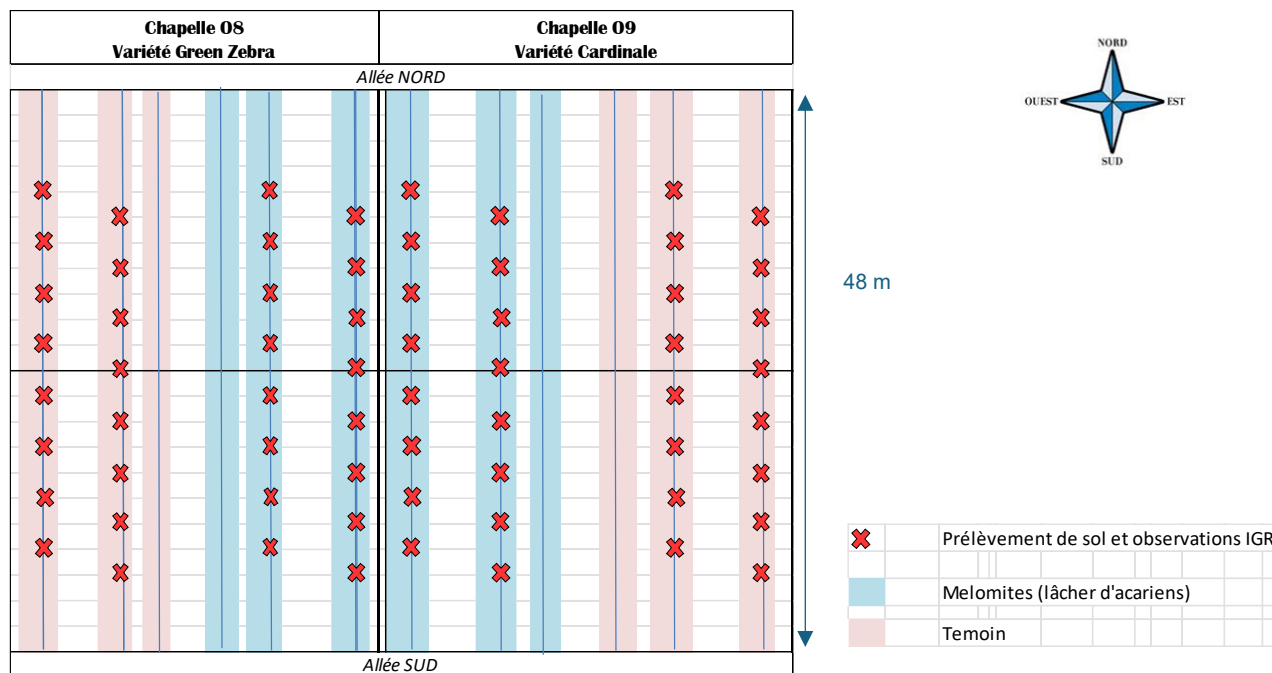


Figure 1 : Dispositif de l'essai mis en place en 2025 sur la parcelle de tomate

### 3.4 - Données culturales

Tableau 2 : Dates-clés de la culture

Plantation	Début de récolte	Etéage	Fin de récolte
28 février	12 mai	20 juin	14 août

Variété : Cardinale, greffée sur Embajador, conduite à 1 bras

Densité : 2.08 plants/m<sup>2</sup>

Paillage : sur rang

Précédent : Chou-rave

Fertilisation : apport de fumier incorporé au sol et de broyat végétal laissé en surface avant plantation. Apport d'un complément organique début juin de 50 kg de potasse et 25 kg de Mg

Irrigation : 1 ligne de goutte à goutte par rang de tomate

Traitements : application préventive de soufre contre oïdium et cladosporiose

### 3.5 - Observations et mesures

#### ➤ Suivi climatique

Un enregistreur automatique de température et d'hygrométrie ambiante (hobo) est positionné au cœur de l'essai (rang B) au pied des plantes.

Une sonde connectée Sencrop permet de relever la température, l'hygrométrie relative à 1.50m de haut ainsi que l'humectation au sein de la végétation.

Deux sondes tensiométriques Weenat sont positionnées dans la chapelle voisine (chapelle 10, essai CZP) entre 2 pieds de tomate à 15 et 25 cm de profondeur pour suivre l'humidité et la température du sol.

#### ➤ Suivi agronomique

Analyse de sol : Les caractéristiques physico-chimiques du sol sont déterminées par une analyse en laboratoire (AUREA) sur un échantillon de sol prélevé avant la plantation.

Les notations de stades physiologiques et les observations sanitaires sont effectuées régulièrement pour refléter l'état général de la culture. Les dépérissements ou pertes de plants liés aux nématodes sont comptabilisés. Le rendement n'est pas évalué.

### ➤ Suivi des nématodes

**Indices de galle** : La notation des IGR est réalisée selon l'échelle de Zeck de 0 à 10 sur le précédent cultural (chou rave) et la tomate en fin de culture. Un effectif de 32 racines est observé (8 par rangée)

**Quantification dans le sol** : la quantification des différentes espèces de nématodes est confiée au laboratoire ELISOL. Un prélèvement de sol à la gouge sur 16 points (30 cm de profondeur) est réalisé en début de culture, milieu et fin de culture pour suivre l'évolution. Seules les larves J2 de Meloidogynes sont quantifiées

### ➤ Suivi des acariens

Plusieurs prélèvements de sol sont réalisés et envoyés à EVA pour suivi des acariens

- A la plantation pour identifier la diversité d'acariens et autres marco-organismes du sol
- à 2 dates en cours de culture pour identifier la présence des acariens prédateurs EVA introduits

## 4- Résultats

### 4.1 Conditions climatiques

**Les relevés de température** dans la culture montrent des températures moyennes entre 10 et 27°C. Les minimales ont été enregistrées ponctuellement le 15 mars (15j après plantation) à 1.1°C et les maximales à 33°C fin juin.

**L'hygrométrie relative** moyenne sous abri évolue de 60 à 90% avec des extrêmes à 30% en début de culture et 100% à partir de mai.

Les détails des relevés figurent en annexe. Les graphiques ci-dessous résument les moyennes mensuelles observées dans la culture. Le capteur d'hygrométrie du hobo défectueux n'a pas permis de relever les valeurs en bas de plante

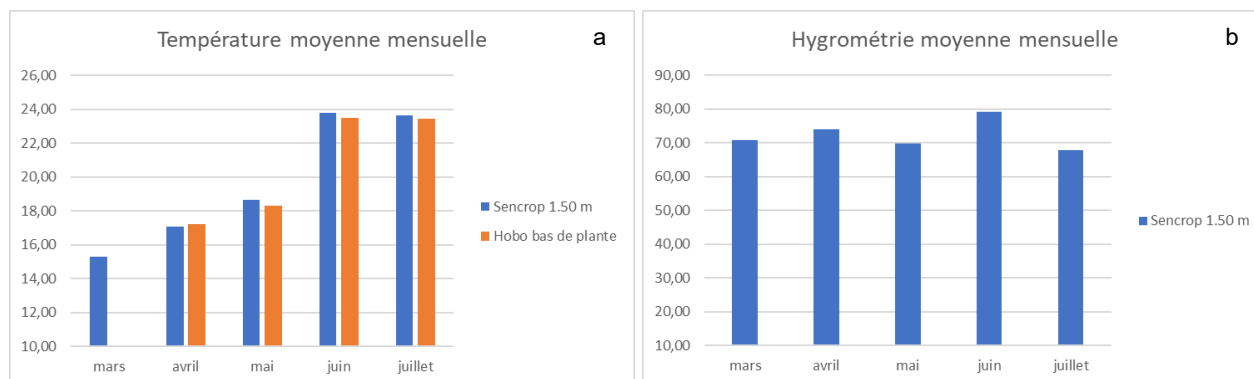


Figure 3 : Relevés de température (a) et d'hygrométrie (b) moyennes mensuelles dans la culture de tomate

**Dans le sol** à environ 25 cm, les températures évoluent de 14 à 24.6°C avec moins de variabilité du fait de l'effet tampon du sol. Ces données sont importantes pour estimer le développement des nématodes. Le calcul des degré-jour est effectué sur la base des cycles de *Meloidogyne incognita* prenant en compte une température seuil de 10°C et un cycle accompli en 400 degrés-jours (Degré-jour =  $[(T^{\circ} \text{ min} + T^{\circ} \text{ max})/2 - 10]$ )

Il est difficile d'établir précisément le nombre de cycles effectués par les nématodes en condition naturelle.

Sur la base des relevés de température à 25 cm (courbe verte), le 1<sup>er</sup> cycle de nématode serait accompli au bout de 8 semaines le 25 avril, 4 cycles de nématodes ont pu se réaliser dans la culture. Ces données sous-estiment sans doute l'activité des nématodes se situant plus en surface où la majorité du système racinaire se trouve.

Sur la base des relevés de température moyenne dans la culture (courbe orange), le 1<sup>er</sup> cycle de nématodes serait accompli au bout de 4 semaines, le 30 mars. Il y aurait eu 7 à 8 cycles durant la culture. Ces relevés sur-estiment sans doute la réalité.

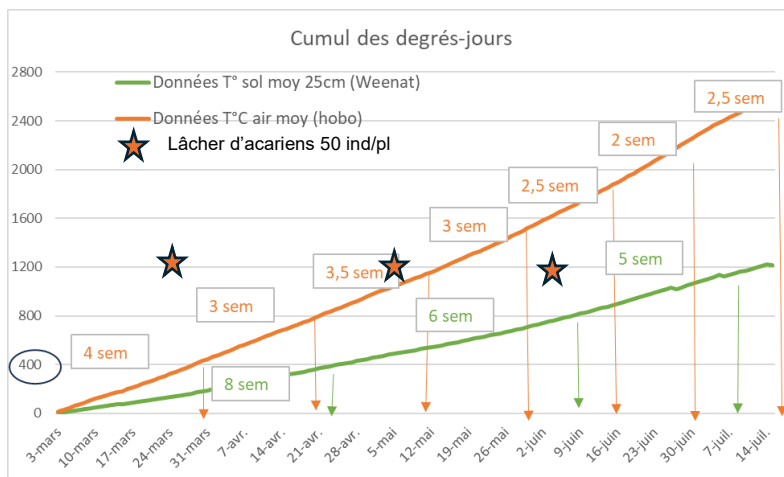


Figure 4 : Calcul des cumuls de degrés-jours issus des relevés de température dans le sol à 25 cm (Weenat) ou dans les plantes (hobo)

Parmi les 2 sondes tensiométriques implantées dans la culture à 15 cm et 25 cm, seule la sonde 25 cm a bien fonctionné. Les relevés montrent une humidité du sol qui est volontairement restrictive en début de culture (augmentation des valeurs jusqu'à fin mars témoignant de l'assèchement de l'environnement racinaire), avant de rétablir une situation de confort.

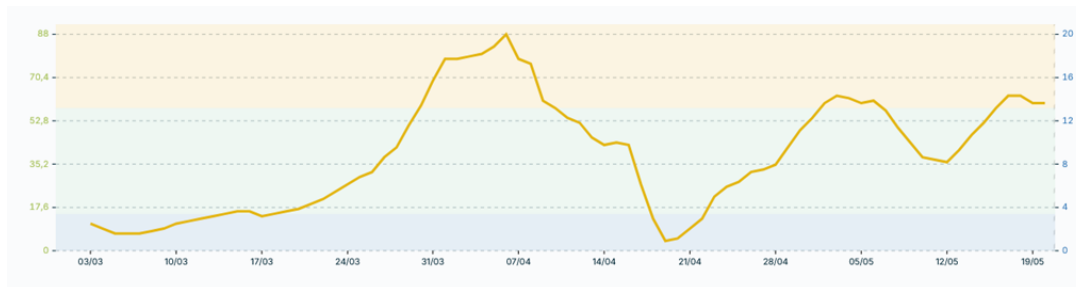


Figure 5 : Evolution du potentiel hydrique mesurée en cbar par la sonde Weenat à 25 cm de profondeur

## 4.2 Suivi agronomique

### ➤ Etat physiologique de la culture

Des notations ont été effectuées sur la variété Cardinale. La floraison du 1<sup>er</sup> bouquet a lieu environ 2 semaines après plantation. Les notations de floraison sont effectuées tous les 15 jours pour déterminer la proportion de plantes fleuries sur le dernier bouquet (sur 24 plantes)

Tableau 3 : Principaux stades culturaux sur Cardinale

Dates	Stade	Proportion de plantes
10 mars	F1	46%
24 mars	F2	13%
7 avril	F3	58%
30 avril	F6	25%
12 mai	F7 – début récolte	25%
26 mai	F8	50%

La récolte début le 12 mai, soit 9 semaines (63j) après la floraison du 1<sup>er</sup> bouquet

Un contrôle d'azote est réalisé dans le sol début mars et début avril révélant plus de 100 unités en réserve. Dans les plantes, un nitrates mi-mai permet de vérifier que les plantes sont en situation de confort azoté avec 6000 mg/L de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mesuré.

### ➤ Maladies et ravageurs aériens

La culture n'a pas présenté de problème sanitaire majeur pénalisant la production.

Malgré les traitements préventifs à base de soufre et de cuivre, la cladosporiose et l'oidium (variétés sensibles) se sont développés fortement à partir de mi-juin (plus de 50% des plantes touchées)

La PBI (confusion sexuelle pour Tuta + auxiliaires *Macrolophus*) a donné satisfaction contre les principaux ravageurs aériens. La présence de Tuta absoluta, mineuses et aleurodes devient cependant significative à partir de fin juin.

### 4.3 – Suivi des nématodes

Avant implantation de l'essai, un premier échantillonnage de sol le 1/10/2024 dans la chapelle 9, permet de confirmer la présence de *Meloidogyne* à hauteur de 200 /dm3 de sol (analyse INRAE). Y sont associés 40 *Tylenchorhynchus* et 920 nématodes non phytoparasites.

Dans cette parcelle, les espèces présentes selon des analyses historiques sont *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*

Il n'y a pas eu de dépérissement ou affaiblissement de plantes liées aux nématodes.

L'étude de l'effet des acariens sur les nématodes se base sur :

- le suivi des indices de galles sur les cultures sensibles mises en place autour de cette technique
- l'évolution du nombre de larves de *Meloidogynes* dans le sol (analyses quantitative réalisées par le laboratoire ELISOL).
- Le niveau de présence des acariens dans le sol

#### ➤ Suivi des indices de galle

Les notations des IGR sont réalisées sur la culture précédente (chou-rave) où sera implantée la tomate de l'essai. Un total de 64 plants est noté le 29 janvier qui permet de confirmer une contamination assez homogène de la parcelle (50% des racines avec galles pour la zone témoin et 38% pour la zone qui sera traitée avec les acariens). L'IGR est très faible du fait de la moindre sensibilité du chou-rave. Il n'y a pas d'IGR supérieur à 2. Les IGR moyens sont donc de 0.53 pour le témoin et 0.44 pour la zone Melomites

La tomate est ensuite observée en fin de culture le 18 août sur les mêmes emplacements, mais sur seulement 16 plants/modalité suite à une erreur d'application du protocole. Cela permet toutefois de constater l'évolution de la contamination en fonction des modalités.

C8				C9			
Témoin		MELOMITES		Témoin		Témoin	
rang 1	rang 2	rang 3	rang 4	rang 1	rang 2	rang 3	rang 4
0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	0	1	0	0
1	2	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	2	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	0	1	0
0	0	0	0	1	1	1	0

**Lâcher d'acariens**

C8				C9			
Témoin		MELOMITES		Témoin		Témoin	
rang 1	rang 2	rang 3	rang 4	rang 1	rang 2	rang 3	rang 4
7			3		1	5	
	6	2		2			3
7			1		0	0	6
	7	1		5			
7			6		0	5	6
	6	5		1		3	
1			1		0		6
	3	5		2			2

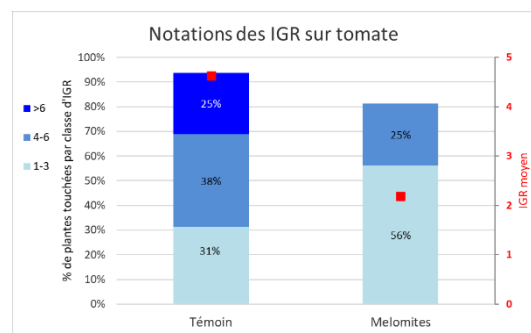
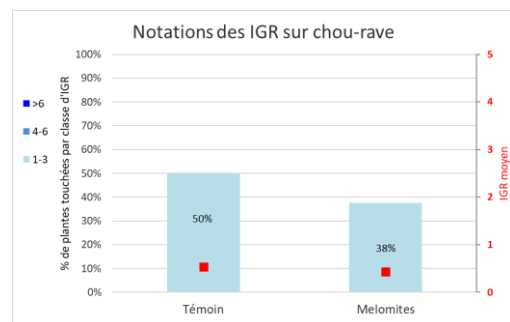


Fig 6 : Cartographie et répartition des IGR sur la succession culturale Chou-rave (29/01, n=32) puis Tomate (18/08, n=16)

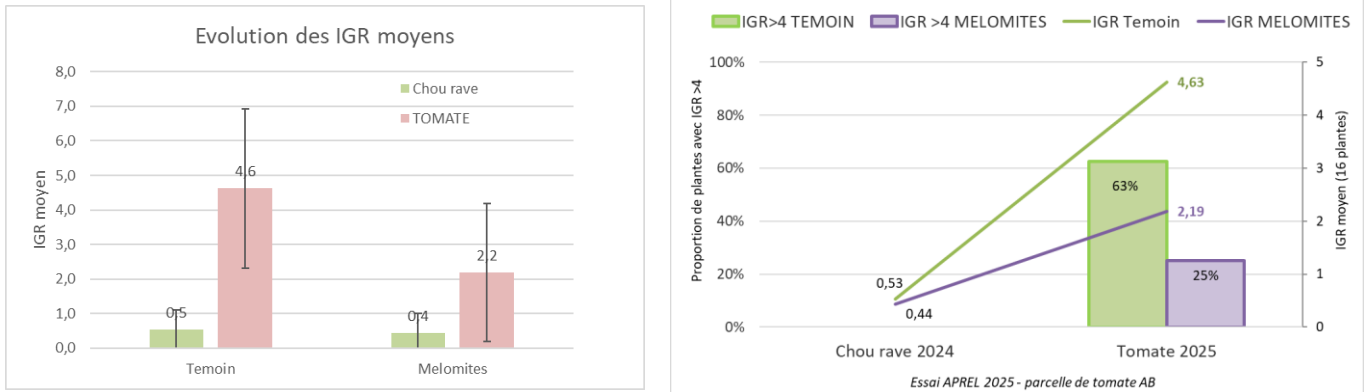


Fig 7 : Représentation de l'évolution des IGR moyens observés sur la parcelle d'essai

Tableau 4 : IGR moyens observés sur tomate dans chaque modalité

	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Moyenne	Ecart type
	C8		C9			
<b>Témoin</b>	5.5	5.5	3.3	4.3	<b>4.6</b>	2,3
<b>Melomites</b>	3.3	2.8	2.5	0.3	<b>2.2**</b>	2,0

Malgré un écart-type élevé (ce qui est courant pour les notations d'IGR qui peuvent fortement varier d'un plant à l'autre), on constate un IGR plus faible pour la modalité avec lâchers d'acariens. Dans cette modalité, aucune plante ne présente des IGR>6 et seulement 25% des plantes se trouvent au-dessus du seuil de nuisibilité estimé à un IGR de 4. Cette proportion atteint 63% pour le témoin, avec notamment des IGR de 7 dans la chapelle 8.

L'analyse de variance à 2 facteurs donne une différence hautement significative entre les 2 modalités (p value=0.0022) avec un effet significatif des répétitions mais pas d'interaction mod\*répétition.

➤ **Suivi des quantités de nématodes dans le sol**

Trois prélèvements ont été effectués en cours de culture pour suivre l'évolution des nématodes : 1 mois après plantation (26 mars), 2 mois après plantation (19 avril) et en fin de culture (19 août).

Tableau 5 : Quantification des larves de Meloidogynes présentes dans le sol en cours de culture (analyses ELISOL)

	Degrés jours cumulés*	Meloidogynes (nb/dm <sup>3</sup> )		Nématodes libres (nb/dm <sup>3</sup> )	
		Témoin	Melomites	Témoin	Melomites
<b>26-mars-25</b>	1 mois après P°	340	0	1738	4732
<b>29-avr.-25</b>	2 mois après P°	920	37	4111	4555
<b>19-août-25</b>	fin tomate	3260	2093	5148	4648

\*données issues des relevés d'une sonde tensiométrique Weenat positionnée à 25 cm de profondeur dans le sol

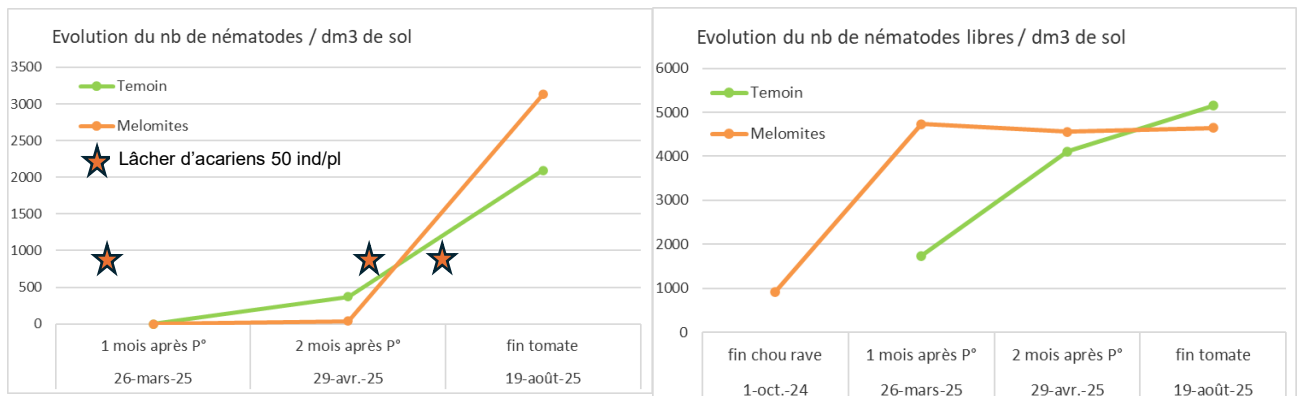


Fig 8 : Représentation de l'évolution du nombre de nématodes présents dans le sol en culture de tomate

L'augmentation des larves de nématodes dans le sol est significative entre mai et mi-août. Sur cette période, la température passe de 18°C à 24°C en moyenne mensuelle sous abri (fig 3), ce qui augmente la rapidité de développement des *Meloidogynes*.

On constate en fin de culture, un nombre plus important de nématodes dans la modalité Melomites malgré des IGR plus faibles.

Les quantifications de nématodes sont soumises à l'hétérogénéité de prélèvement dans les sols où des foyers de nématodes peuvent faire varier fortement les effectifs dans un échantillon mélangé.

Les nématodes libres ont été quantifiés pour vérifier l'innocuité des acariens sur la nématofaune non phytoparasite. On peut constater que les effectifs de nématodes libres augmentent aussi sans différence notable entre les modalités.

### ➤ Suivi des acariens prédateurs dans le sol

Deux prélèvements ont été effectués en cours de culture pour vérifier la présence d'acariens prédateurs et leur diversité d'espèces dans les 2 modalités et suivre l'espèce introduite.

Tableau 6 : Quantification des acariens présents dans le sol en cours de culture (analyses EVA)

	Abondance d'acariens (nb/dm <sup>3</sup> )		Diversité d'acariens (nombre d'espèces différentes)	
	Témoin	Melomites	Témoin	Melomites
<b>28 avril</b> (1 mois après le 1 <sup>er</sup> lâcher)	0	6	0	4
<b>19 août</b> (fin de culture, 2.5 mois après le dernier lâcher)	4	12	4	6

Les effectifs d'acariens retrouvés dans le sol sont très faibles au vu des quantités apportées (50/plant). Ils sont plus nombreux dans la modalité Melomites, ce qui permet de penser qu'il s'agit bien des acariens introduits et non des acariens endémiques. Ils sont bien retrouvés après 5.5 mois de culture, preuve qu'ils se sont maintenus dans le temps. L'augmentation importante de nématodes entre mai et août où il n'y a pas eu de lâchers (fig 8)

## 5- Conclusion

Avec un IGR moyen de 4.6 /10 sur la parcelle témoin, les infestations naturelles de nématodes à galle dans cette parcelle sont jugées moyennes et peu impactantes pour la culture de tomate greffée mais suffisantes pour évaluer l'effet d'une solution nématicide.

Les plantes ayant reçu des acariens prédateurs ont exprimé moins de galles sur les racines en fin de culture que les plantes témoin. La modalité Melomites présente une proportion réduite de plantes avec des IGR au-dessus du seuil de nuisibilité : 25% des plantes ont des IGR>4 contre 63% dans le témoin. Ce résultat permet déjà de penser que les acariens ont participé à réduire l'impact des nématodes à galle sur tomates. Ils apportent ainsi une solution de renfort du porte-greffe tolérant à *M.incognita*

Cet essai présente toutefois des faiblesses qu'il faudra veiller à corriger pour les prochaines saisons et conforter ce résultat.

Compte tenu de l'hétérogénéité de répartition des nématodes dans le sol, il est important d'observer une trentaine de plants en fin de culture pour calculer l'IGR.

Les stratégies d'apport d'acariens pourraient être revues de manière à assurer un meilleur contrôle des nématodes :

- un lâcher à la plantation pour installer l'auxiliaire au moment où les premiers nématodes vont être stimulés par les racines de la culture
- des lâchers plus orientés sur les périodes les plus chaudes pour favoriser la prédation lorsque les populations sont importantes et les conditions plus favorables à la fois à l'acarien et aux nématodes

D'autres essais sont nécessaires pour consolider la stratégie de protection et évaluer ensuite précisément la rentabilité technico-économique de cette solution.

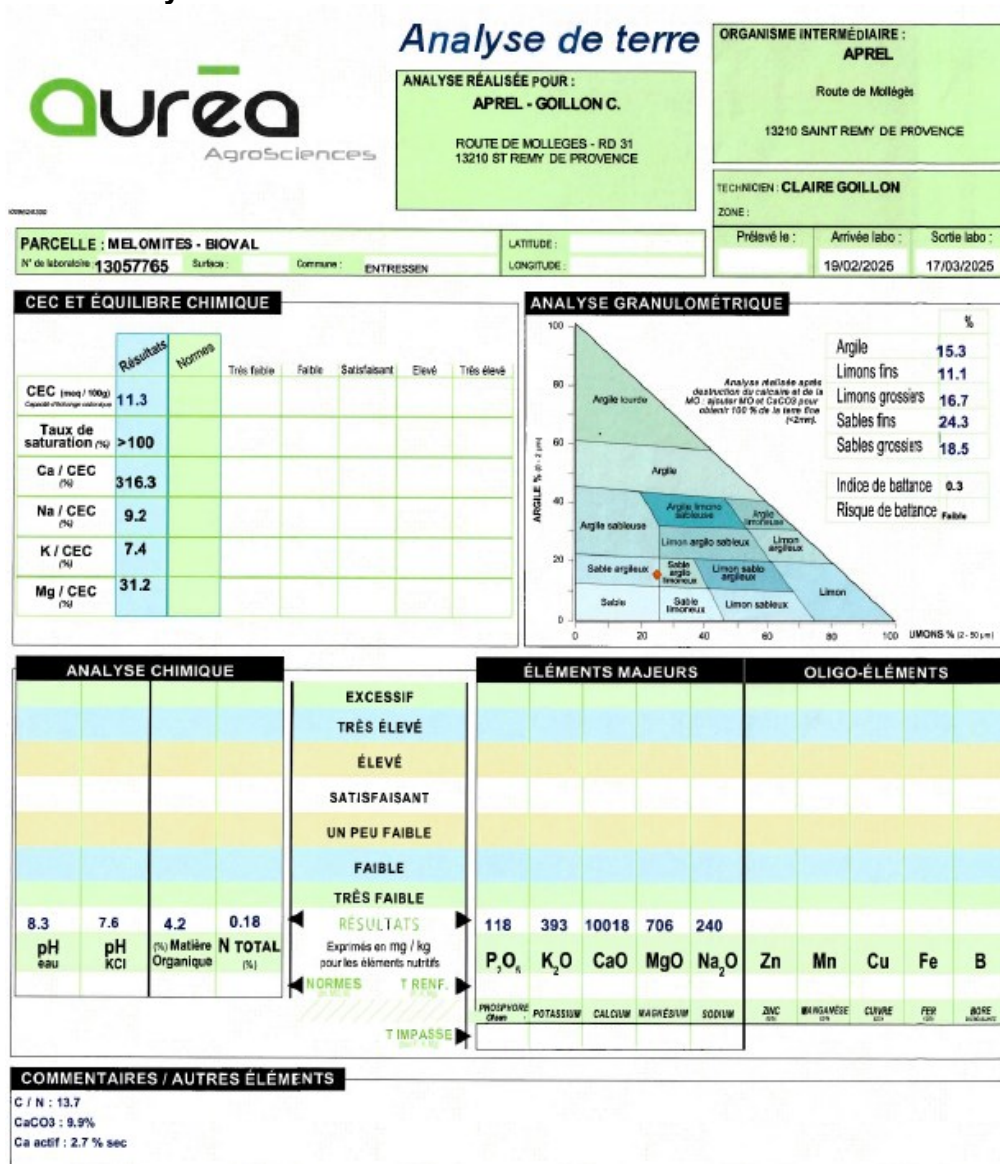
---

Renseignements complémentaires auprès de :

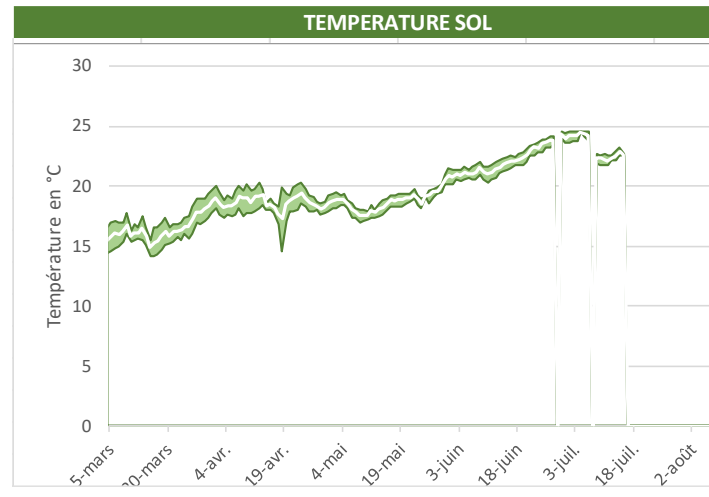
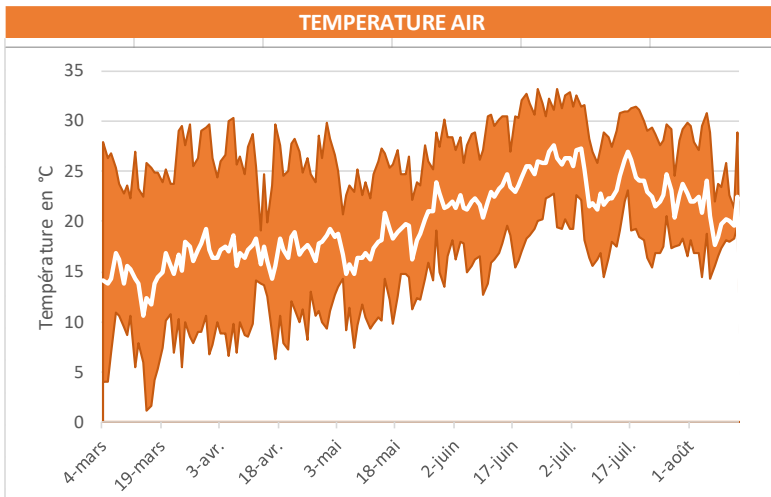
Claire GOILLON, APREL, 13210 Saint-Rémy de Provence, tel 04 90 92 39 47, goillon@aprel.fr

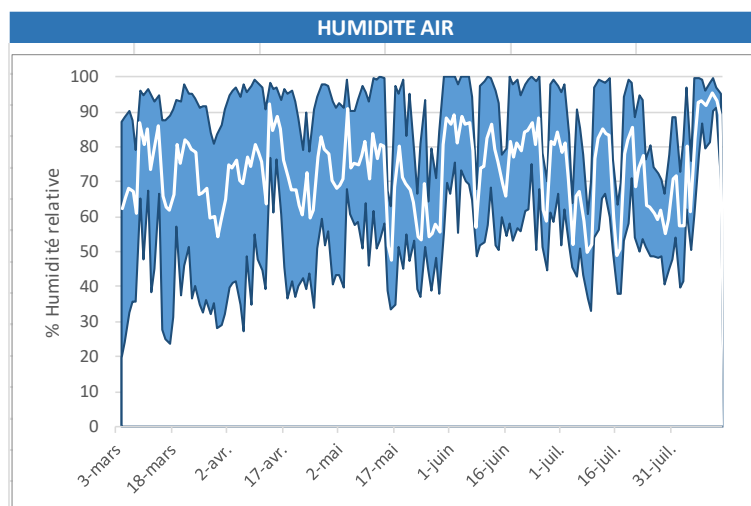
ANNEXE

- Analyse de sol



- Relevés climatiques





### ANNEXES PHOTOGRAPHIQUES

- **Premier lâcher d'acariens dans les tomates (24 mars)**

