



**5<sup>e</sup> Conférence  
Internationale  
sur les  
Méthodes  
Alternatives  
de Protection  
des Plantes**

**11 au 13 mars 2015**  
Nouveau Siècle, Lille



**Le projet GEDUNEM: innovations  
techniques et variétales pour une gestion  
durable et intégrée des nématodes à galles  
en maraîchage sous abris**



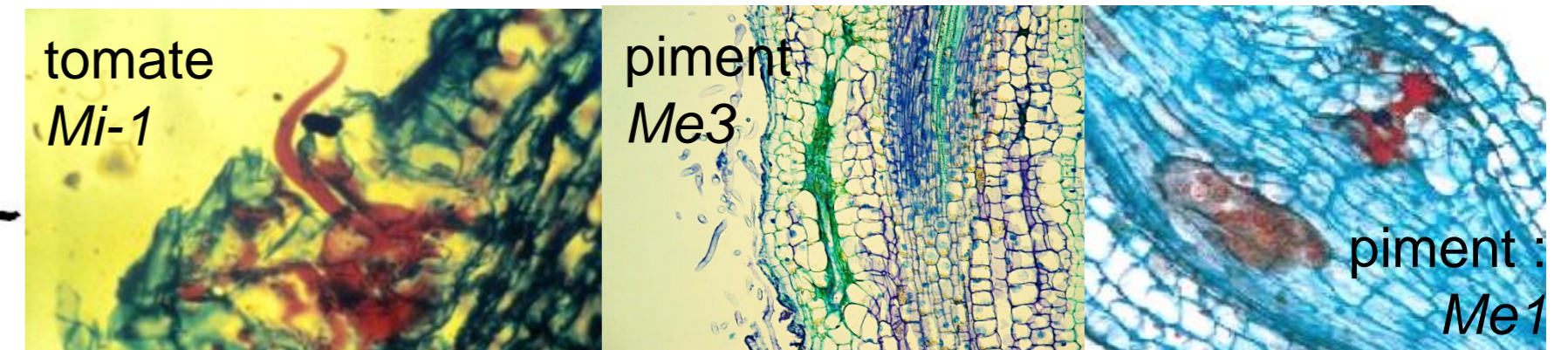
Metaprogramme SMaCH  
Sustainable management of crop health

- Session plénière « *Protection intégrée* » - 13/03/2015

**C. Djian-Caporalino<sup>1</sup>, A. Fazari<sup>1</sup>, N. Marteu<sup>1</sup>, M. Navarrete<sup>2</sup>, A. Dufils<sup>2</sup>, M. Tchamitchian<sup>2</sup>, C. Furnion<sup>2</sup>, A. Lefevre<sup>3</sup>, L. Pares<sup>3</sup>, T. Mateille<sup>4</sup>, J. Tavoillot<sup>4</sup>, A. Palloix<sup>5</sup>, A-M. Sage-Palloix<sup>5</sup>, H. Védie<sup>6</sup>, C. Goillon<sup>7</sup>, I. Forest<sup>8</sup> P. Castagnone-Sereno<sup>1</sup>,**

1 INRA PACA UMR ISA; 2 INRA PACA Unité Ecodéveloppement; 3 INRA Alénia; 4 IRD UMR CBGP ; 5 INRA PACA Unité GAFL; 6 GRAB ; 7 APREL; 8 Chambre d'agriculture du Var

# LE CONTEXTE (1/2)



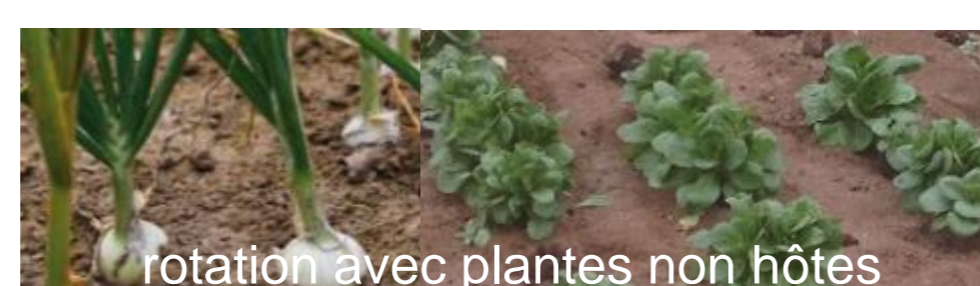
## Les nématodes à galles *Meloidogyne* spp.

➤ un problème majeur et en croissance en maraîchage bio et conventionnel surtout dans les zones chaudes et sous abris

- ✓ pertes mondiales : ~ **10% de la production & 100 milliards € / an**, mais + en local
- ✓ SE France > **40% des exploitations touchées**
- ✓ des **espèces de quarantaine** en Europe => lutte obligatoire ou jachère noire !

➤ interdiction du bromure de méthyle ☠ et 50% de réduction des pesticides pour 2018

➤ des techniques alternatives, mais peu efficaces individuellement



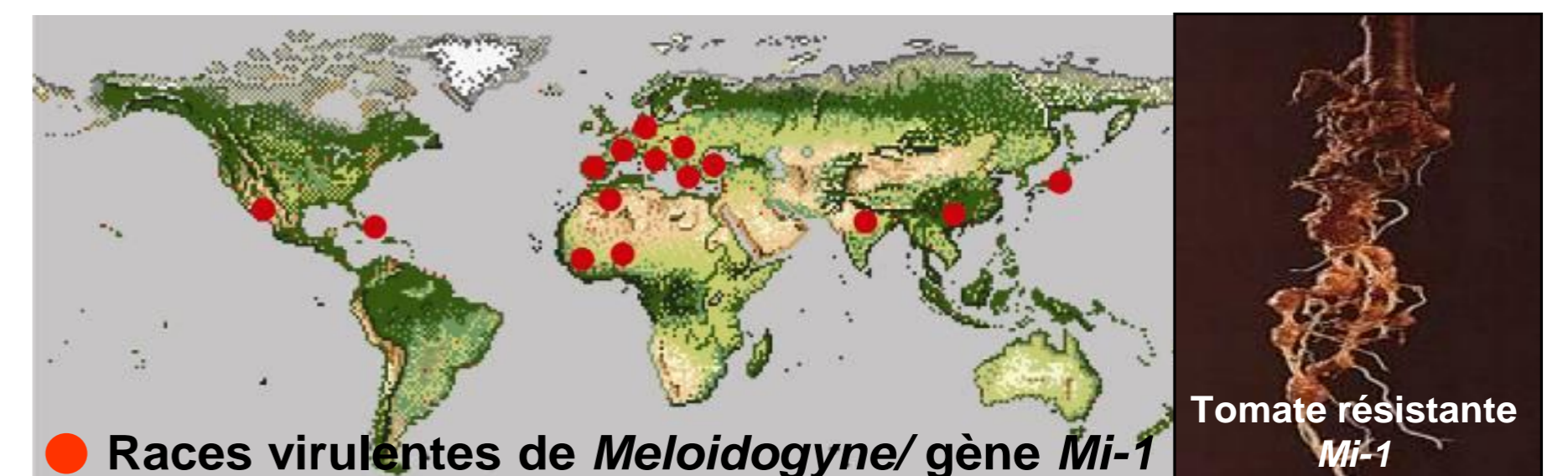
➤ extrêmement polyphages et capacité d'adaptation

## Les plantes maraîchères résistantes

➤ la plupart des espèces maraîchères hôtes (pb rotations), peu de gènes de *R* disponibles et très peu de cultivars *R* commercialisés

- ✓ **Mi-1** chez la tomate (variétés et porte-greffes) actif à T° < 30°C
- ✓ **Me(s) et N** chez le piment (porte-greffes) stables à haute T°

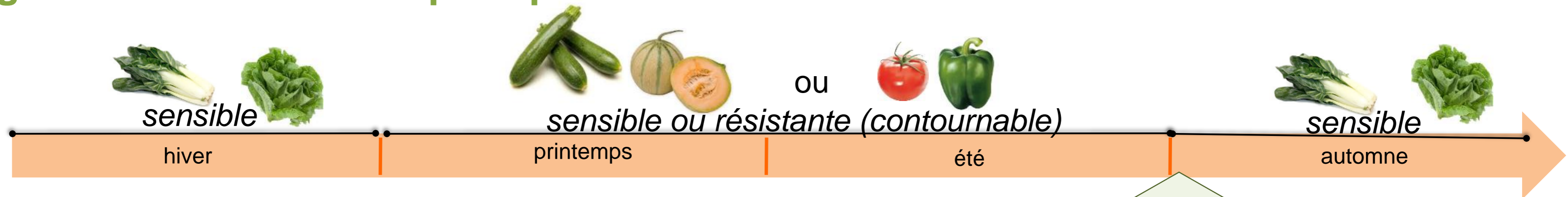
➤ les gènes de *R* peuvent (parfois) être contournés



# LE QUESTIONNEMENT

- **1** Quels **systemes de culture** combinant résistance et techniques alternatives (solarisation, gestion de l'interculture, rotation, etc.) pour **prolonger la durabilité** de la résistance **et augmenter l'efficacité du contrôle** ?
- **2** Quel impact **agronomique** (productivité, fertilité du sol) ?
- **3** Quel impact sur l'**écologie** du sol (autres nématodes et autres agents pathogènes) ?
- **4** Les solutions proposées sont-elles **acceptables** par les producteurs (rendement, travail, coût, risque, etc.) ?

Proposer et évaluer sur 4 ans des systèmes maraîchers sous abri innovants en région méditerranéenne pour préserver la durabilité des résistances aux nématodes



gestion de l'interculture  
(solarisation, engrais vert, piment Me1/Me3, plantes de coupure...)

## 5 sites géographiques



## 12 partenaires R E D PA multidisciplines



Diminuer l'inoculum par des TK alternatives pour augmenter l'efficacité et la durabilité de la résistance

3 déclinaisons adaptées aux différentes contraintes des exploitations de la zone d'étude :

- **S1** = engrais vert (EV) sorgho biofumigant (riche en dhurrine, précurseur d'HCN, pour effet biofumigation)
- **S2** = engrais vert (EV) piment résistant *Me1/Me3* (plante piège)
- **S3** = solarisation + plante de coupure (pdt l'activité des nématodes)



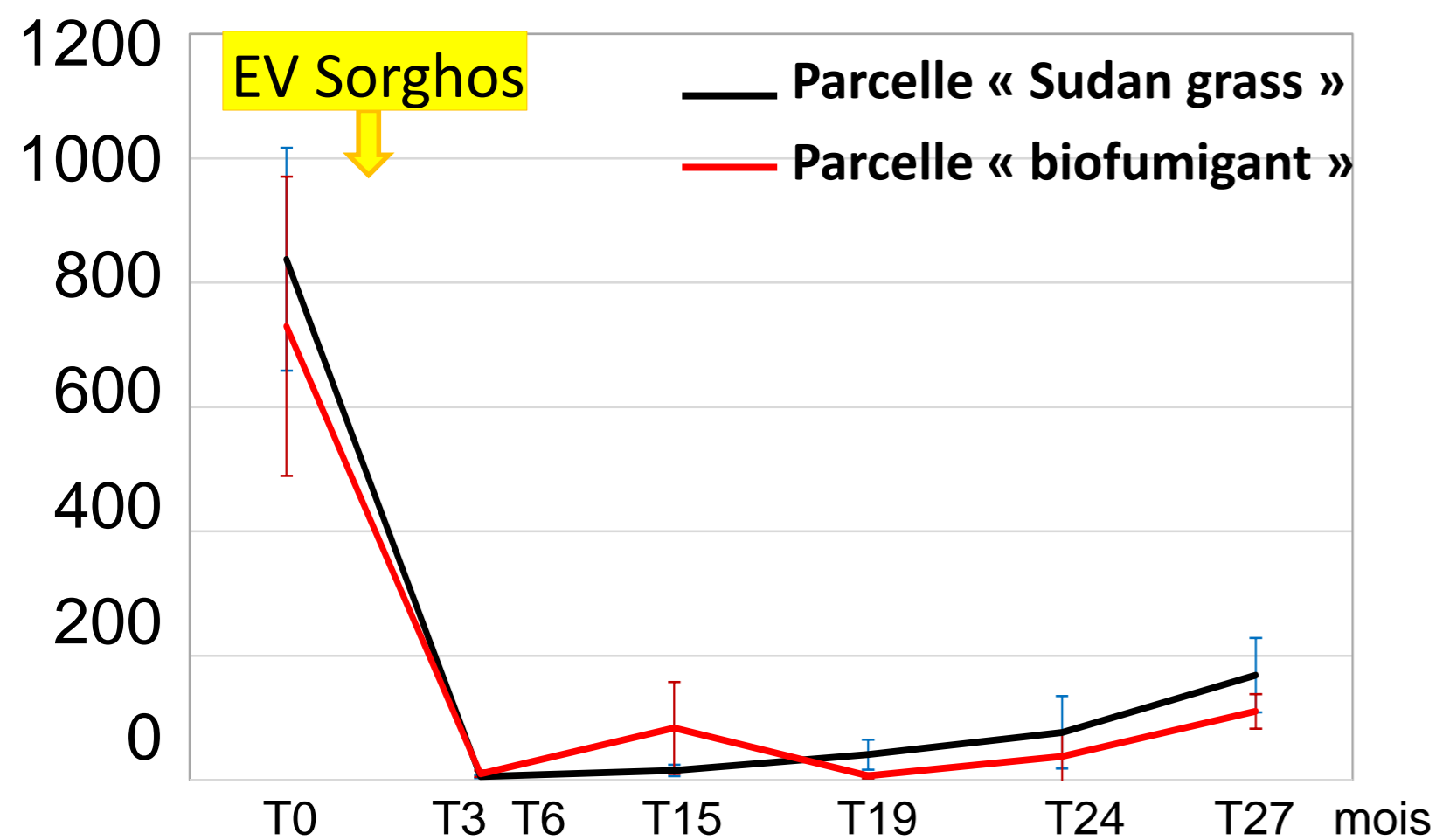


# 1ers RESULTATS: SYSTEME S1

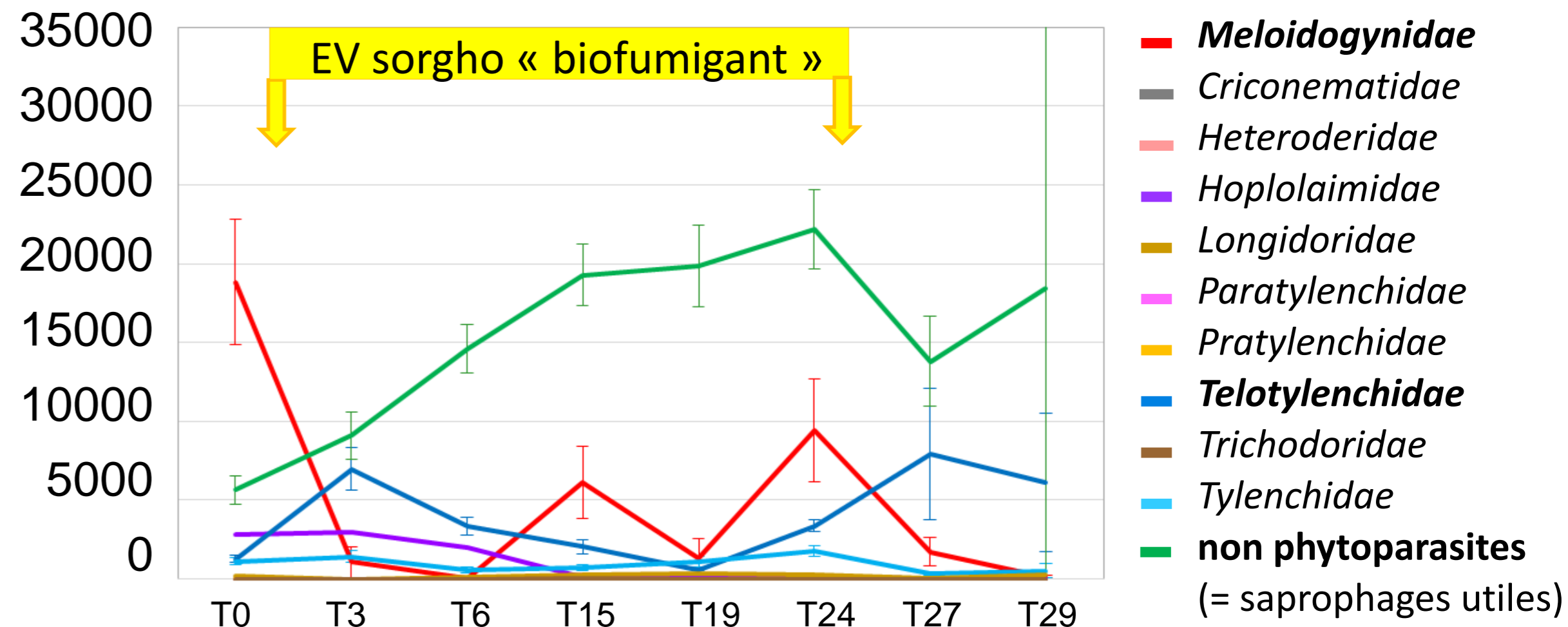
## « ENGRAIS VERT D'ÉTÉ : LES SORGHOS, standard ou biofumigant »



IS = *Meloidogyne* infestants/kg de sol (œufs + larves)



Nombre de nématodes/ dm3 de sol



IG : 4,2    0    2,1    0,2    0,1    4    0    2 (notes sur 10)

- > 95% de réduction des populations de *Meloidogyne* dans le sol avec les 2 EV Sorghos (1 mois de culture, enfouissement au rotavator, sans bâchage, pendant 1 mois)
- Bonne protection des piments résistants *Me3-DLL*
- Une culture sensible d'été (melon) après la culture résistante remultiplie les *Meloidogyne* (œufs > 15 cm de sol) mais diminution très significative par rapport aux taux initiaux avec le système proposé
- Opposition *Meloidogyne* vs *Telotylenchidae* (semi-endoparasites attaquant Sorgho et laitue) ?
- Augmentation constante des espèces non phytoparasites (= saprophages utiles) avec le système proposé => peu d'effet des sorghos mais effet du système intéressant



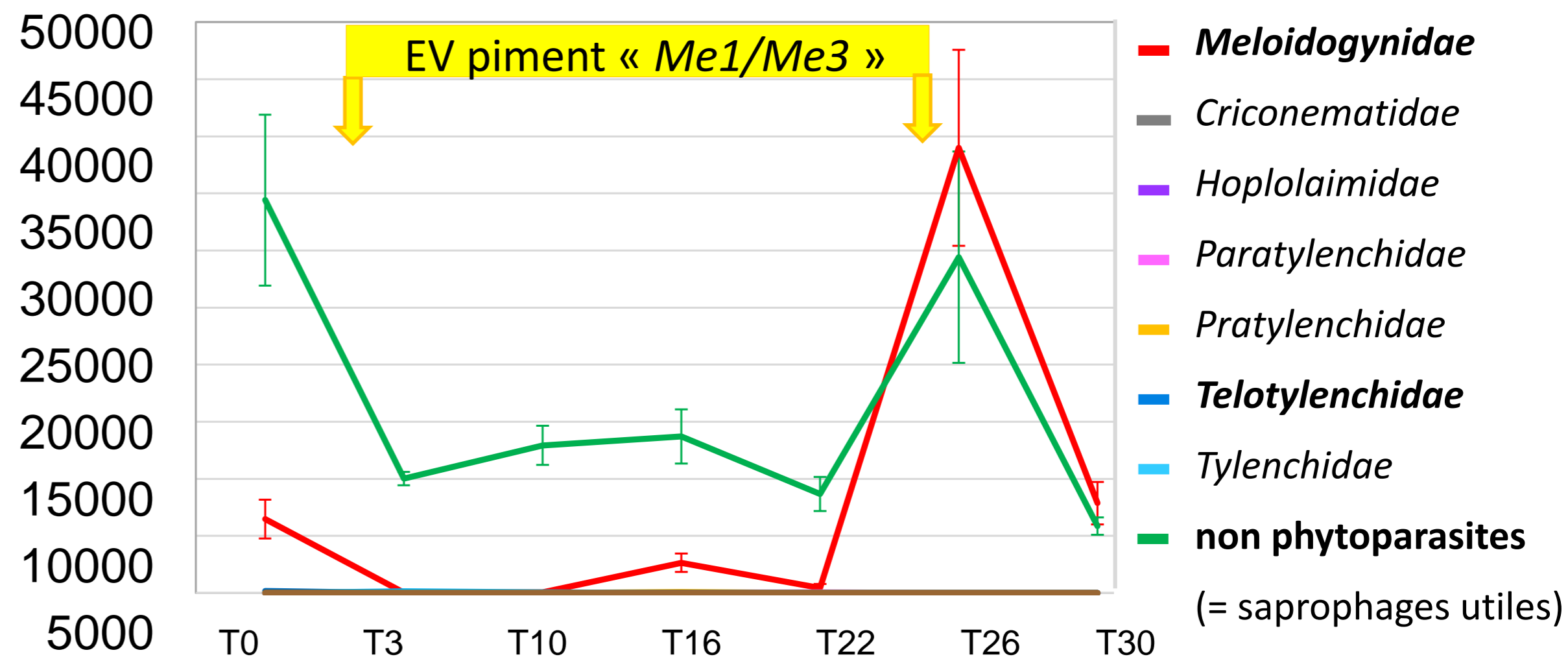
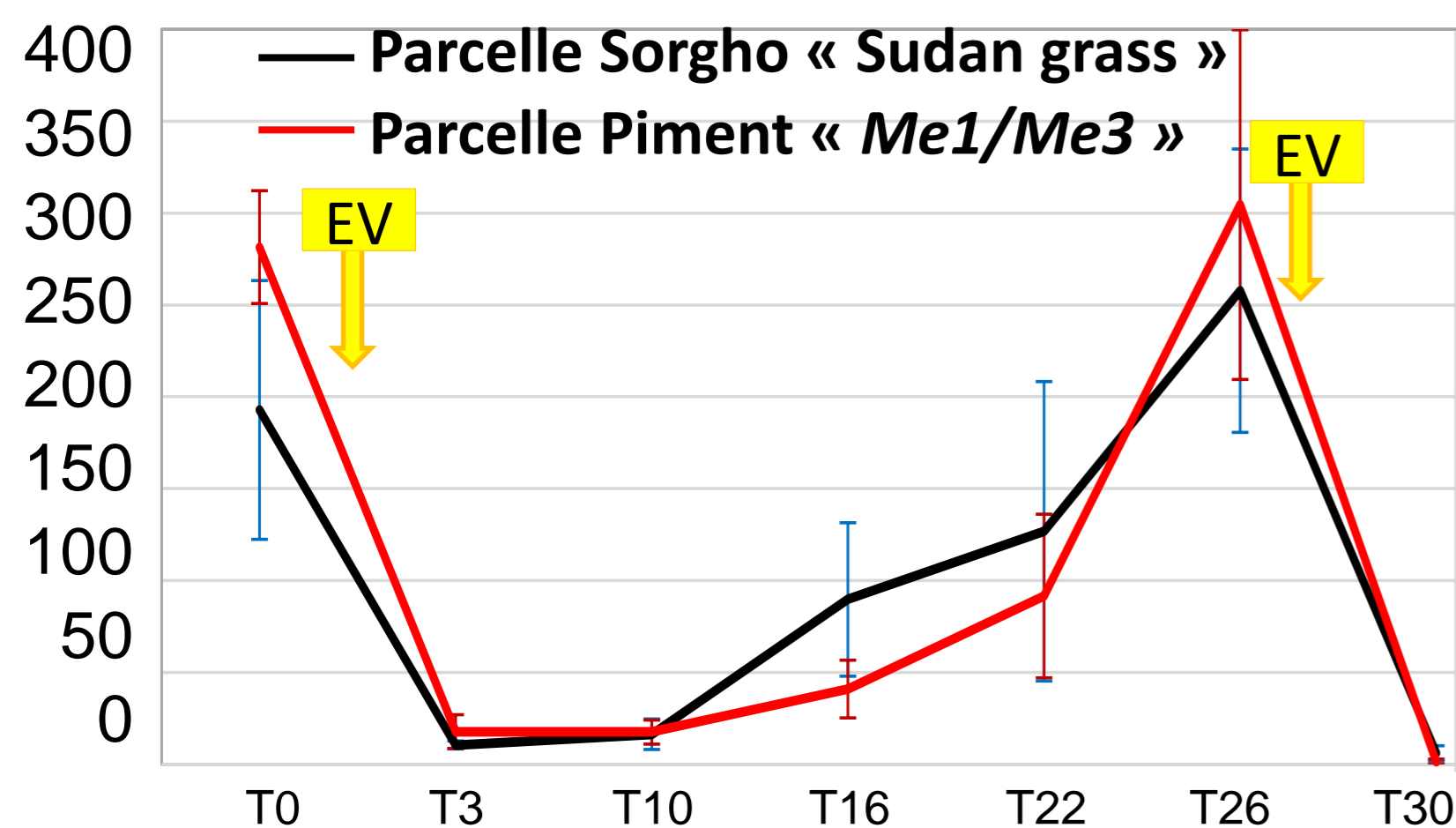
# 1ers RESULTATS: SYSTEME S2

## « ENGRAIS VERT D'ÉTÉ : LES PIMENTS *Me1/Me3* » (1/2)



IS = *Meloidogyne* infestants/kg de sol (œufs + larves)

Nombre de nématodes/ dm<sup>3</sup> de sol



IG : 3 0 0 0 0,3 0 5,8 0 (notes sur 10)



- > 95% de réduction des populations de *Meloidogyne* avec les 2 EV : sorgho et piment pyramidé
- Piments pyramidés *Me1/Me3* en EV non attaqués
- Bonne protection des piments commerciaux et tomates résistants
- Une culture sensible d'été (melon) après la culture résistante remultiplie rapidement les *Meloidogyne* : forte réactivité de *Meloidogyne* sur plante sensible (inoculum 1/2 Site S1, pas de diversité des communautés)
- Evolution synchrone des espèces non phytoparasites et phytoparasites avec le système proposé: effet des EV?

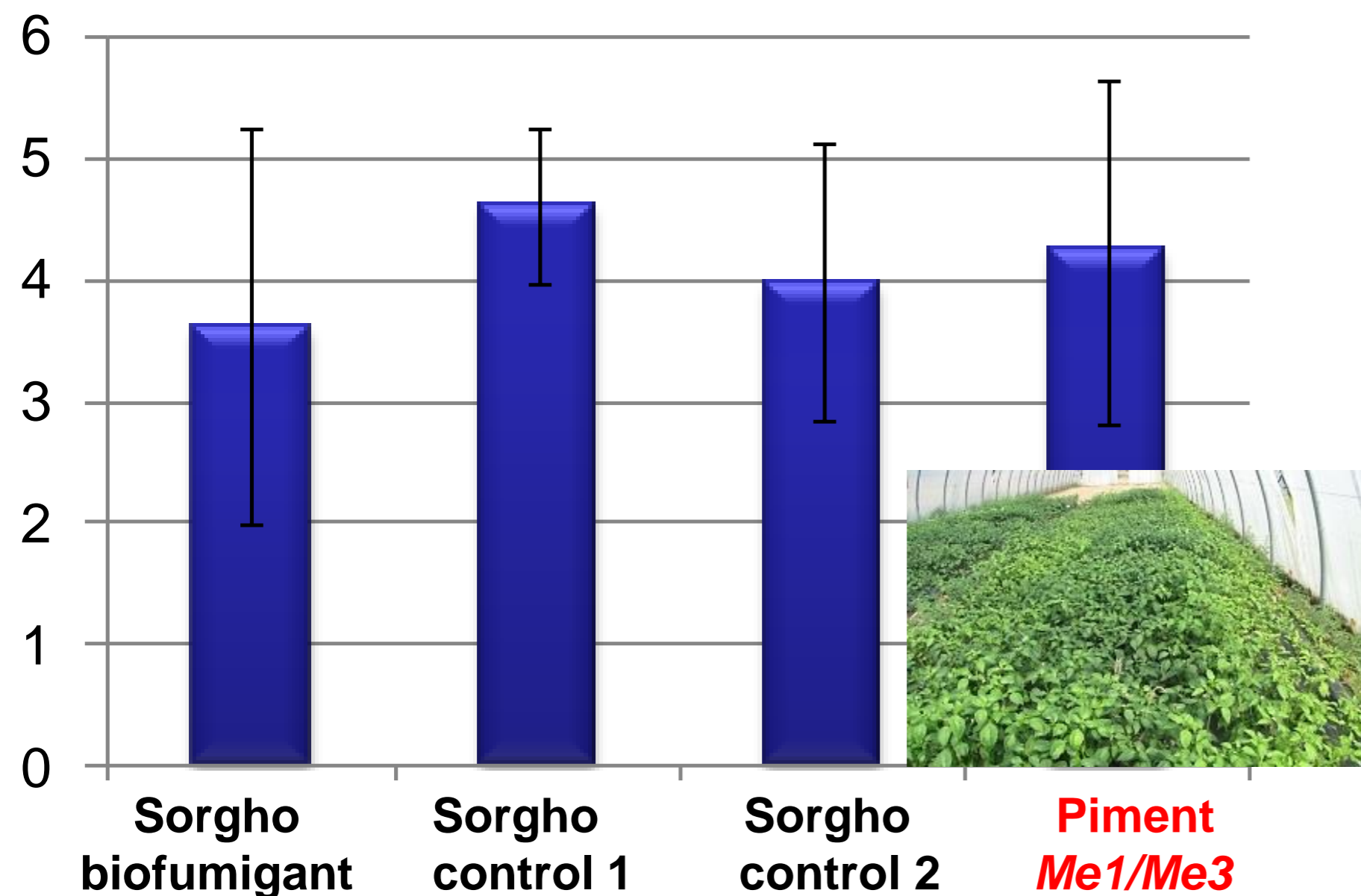


# 1ers RESULTATS: SYSTEME S2

## « ENGRAIS VERT D'ÉTÉ : LES PIMENTS *Me1/Me3* » (2/2)

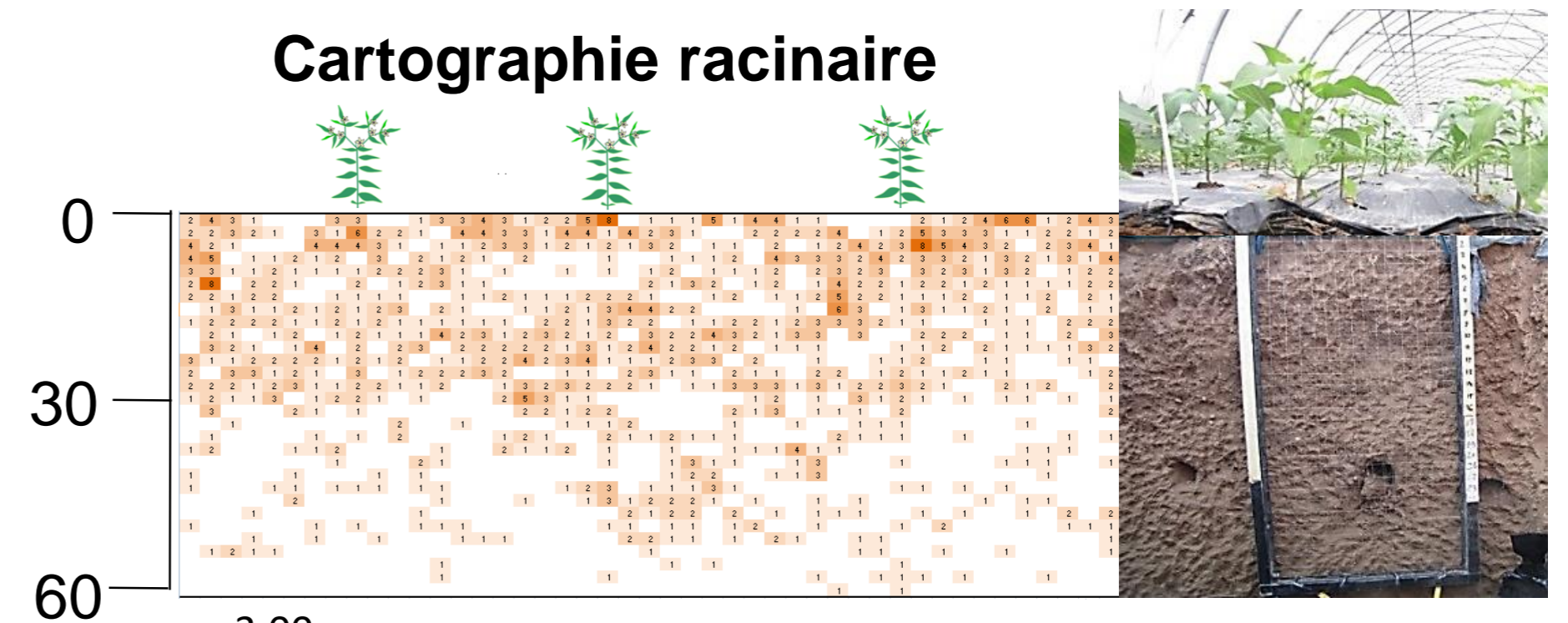
- Bonne valeur agronomique des piments pyramidés comme EV

Comparaison des quantités de matière sèche enfouie (tonnes par hectare) pour chaque EV (8-10 semaines de culture)

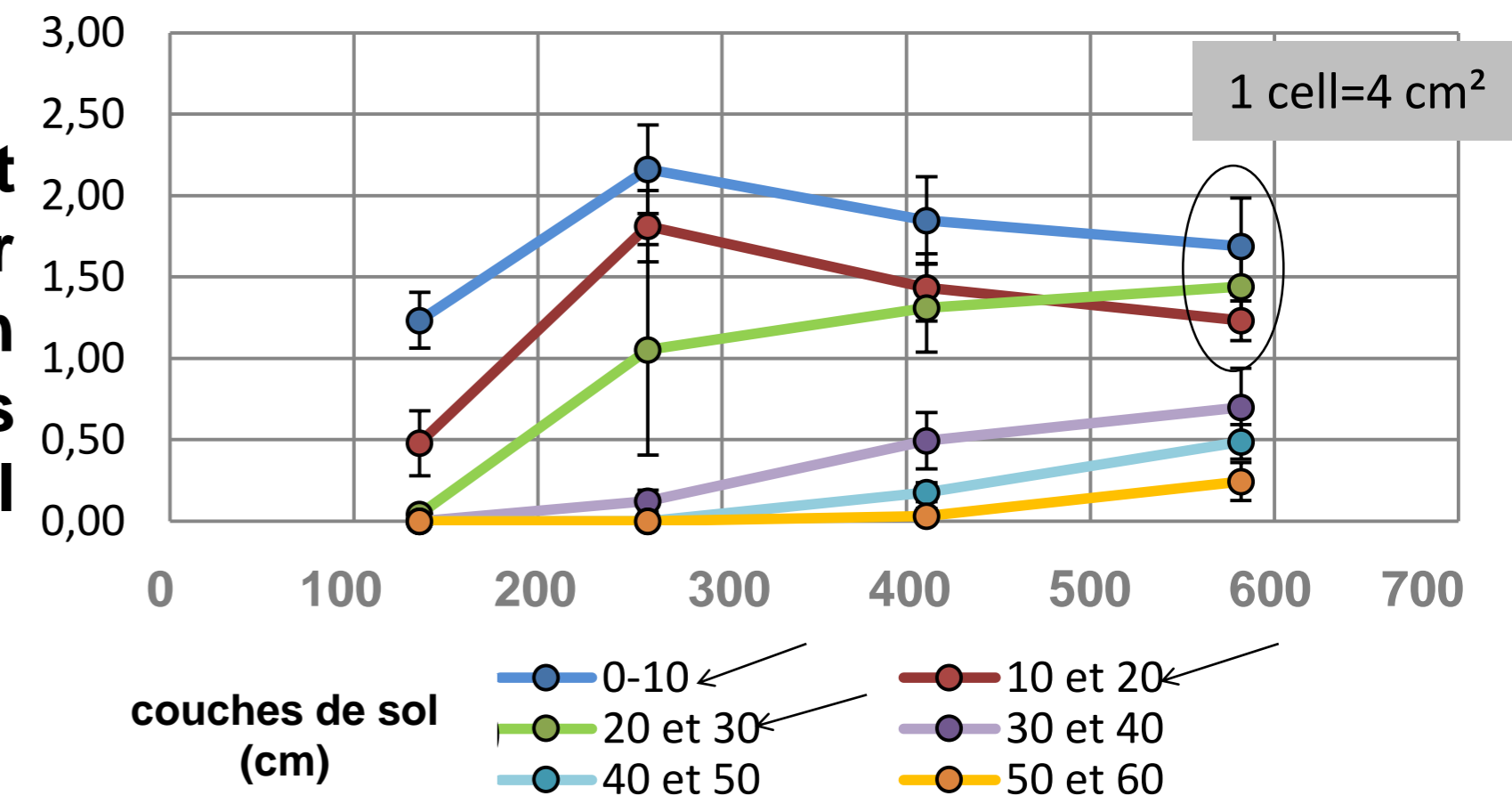


- Bon potentiel de colonisation du sol par les racines des piments pyramidés pour piéger les nématodes

### Cartographie racinaire



Nb d'impact racinaire par cellule en fonction des couches de sol



- la matière sèche de piment enfouie est équivalente à celle des sorghos utilisés traditionnellement

- Forte colonisation racinaire jusqu'à 30 cm de profondeur => permettrait de réduire la culture de 10 à 6 semaines



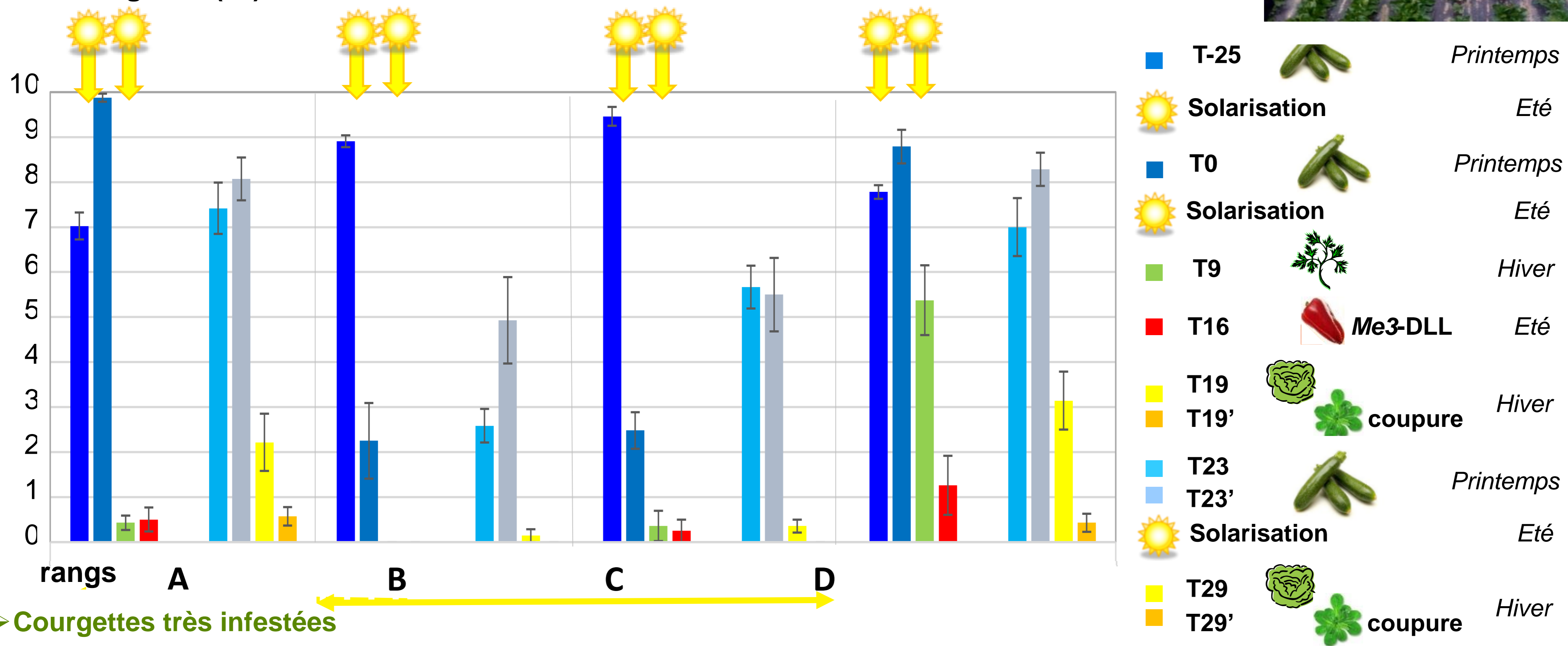


Plastique  
eau

# 1ers RESULTATS: SYSTEME S3 « SOLARISATION ET PLANTES DE COUPURE »



## Indice de galle (IG)



➤ Courgettes très infestées

➤ 1ère solarisation efficace rangs centraux uniquement

➤ 2ème solarisation efficace rangs A, B, C

➤ Protection des piments résistants rangs A, B, C => la solarisation peut donc être efficace

➤ Culture d'hiver plantée très tard => aucune galle sur salade sensible témoin (cycle des nématodes stoppé à T°C basse)

➤ Gestion des nématodes à galle: plante non-hôte d'hiver inutile si plantée trop tard; culture sensible de printemps /été remultiplie les nématodes. Néanmoins, moitié moins de nématodes sur courgettes rangs centraux/rangs de bordure et /T-25

➤ 3ème solarisation à nouveau efficace rangs centraux uniquement. Qq galles sur mâches!

## Evaluation agronomique des systèmes de culture

### ✓ Effets des EV sorghos et piments *Me1Me3*

- ❖ **sur *Meloidogyne*** : > 95% de réduction des populations et bonne protection des piments et tomates à R contournable
- ❖ **sur non phytoparasites** : effets variables mais plutôt positifs
- ❖ **sur autres phytoparasites** : peu d'effet mais diversité variable selon les sites et *Meloidogyne* saturant
- ❖ **sur piments à R contournable et cultures suivantes**: bonne protection mais forte réactivité de *Meloidogyne* sur plante sensible => éviter des cycles sensibles longs (e.g. salade puis melon) sans rupture.

### ✓ Effets de la solarisation

- ❖ **sur *Meloidogyne*, autres phyto. et non phytoparasites** : > 99% de réduction sur rangs centraux
- ❖ **sur piments à R contournable et cultures suivantes**: bonne protection sur rangs centraux

## Perspectives :

### ✓ Améliorer l'efficacité et l'acceptabilité des SdC

- ❖ les rendre **compatibles avec les contraintes des agriculteurs** (cas des exploitations en circuit long intensives en agri. conventionnelle peu motivées pour le changement et les pratiques agroécologiques)
- ❖ **améliorer l'itinéraire technique de l'EV Piment *Me1/Me3*** (densité, durée de culture...) si bonne efficacité biologique confirmée

### ✓ Modélisation sur le long terme des stratégies de déploiement

- ❖ **déterminer l'efficacité (sur la perte de rendt) des alternances temporelles de plantes S et R en intégrant les résultats Gedunem** sur les taux de mortalité suite aux pratiques agricoles et sur les coûts des variétés R/S



**Contacts : Caroline Djian-Caporalino, Philippe Castagnone-Sereno (INRA Sophia)  
Mireille Navarrete (INRA Avignon)**

**Mails : [caroline.caporalino@sophia.inra.fr](mailto:caroline.caporalino@sophia.inra.fr), [pca@sophia.inra.fr](mailto:pca@sophia.inra.fr),  
[mireille.navarrete@avignon.inra.fr](mailto:mireille.navarrete@avignon.inra.fr)**

**Sites Web : <http://www.smach.inra.fr/>  
<http://www.picleg.fr/Les-Projets-en-cours/Gedunem>**