



GEDUNEM: Innovations techniques et variétales pour une gestion durable et intégrée des nématodes à galles dans les systèmes maraichers sous abris

2012-2016

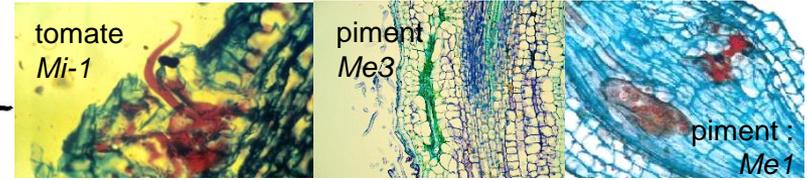
Métaprogramme INRA SMaCH (Gestion durable de la santé des cultures)



PACA

Sophia Antipolis: ISA-IPN *Caroline Djian-Caporalino*
 Avignon: Ecodéveloppement *Mireille Navarrete*

Le contexte



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 (*liste EPPO, 2008*) ⇒ lutte obligatoire ou jachère noire !

➤ toxicité des nématicides chimiques



⇒ **restrictions d'usage**

(*MBTOC 2006; EC Directive 1107/2009*)

➤ des techniques alternatives, mais peu efficaces individuellement



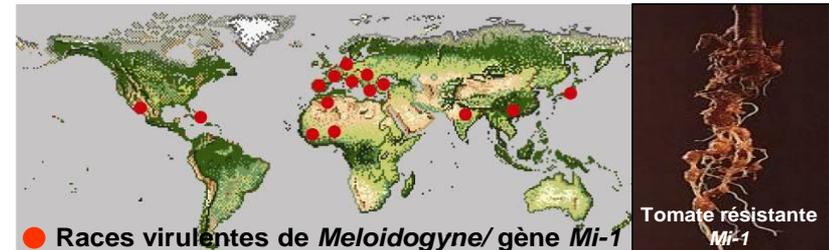
➤ extrêmement polyphages et capacité d'adaptation

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



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



➤ développement de stratégies de gestion des gènes de *R* limitant les risques de contournement

✓ **Alternance des gènes de *R* dans les rotations**

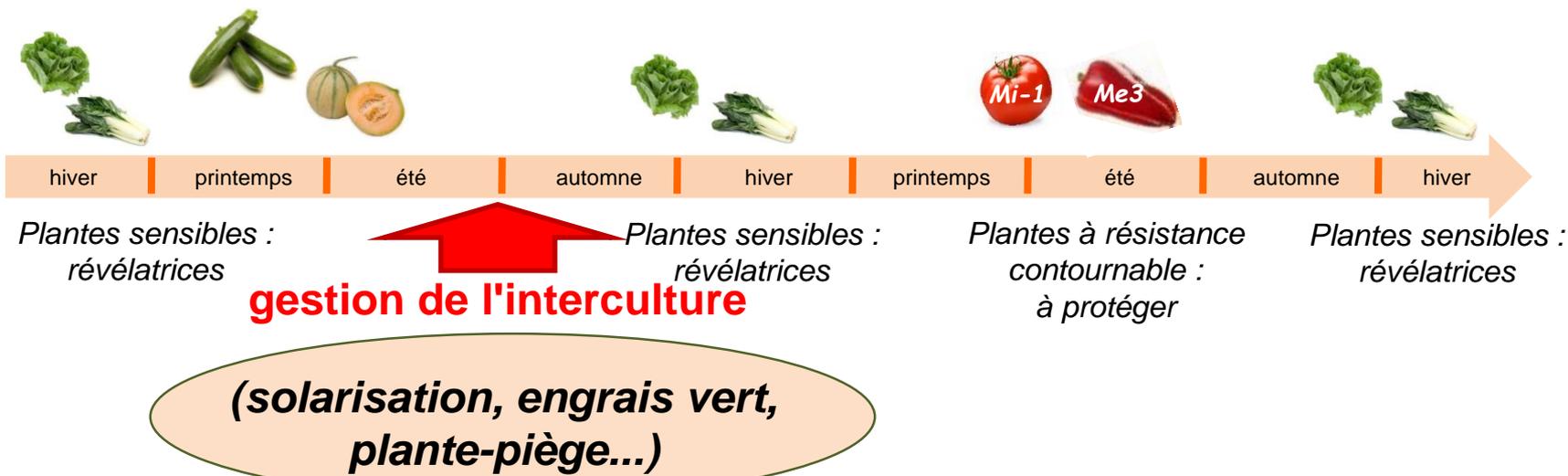
✓ **Pyramiding de 2 gènes de *R* dans un génotype**

(*Djian-Caporalino et al. BMC Plant Biology 2014*)

mais risque toujours présent si pression forte 2/24

Objectifs GEDUNEM

Proposer et tester sur 4 ans des prototypes de systèmes de culture maraîchers sous abri, co-conçus avec les acteurs RED



augmenter l'efficacité du contrôle et ainsi préserver la durabilité des résistances aux nématodes à galles en minimisant les impacts agronomiques, environnementaux et socio-économiques

Partenaires et sites GEDUNEM

12 Partenaires : approche multidisciplinaire



4 sites expérimentaux, suivis sur 4 ans



Station expérimentale INRA



Sites producteurs suivis par GRAB, APREL, Chambre d'agriculture Var



Principe de construction des systèmes de culture GEDUNEM (INRA Avignon)

Diminuer les nématodes par des techniques alternatives

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

- **S1** = engrais vert sorgho biofumigant
- **S2** = engrais vert piment résistant (plante-piège)
- **S3** = solarisation + plante mauvais-hôte



Expérimentation Système S1: engrais vert sorgho biofumigant

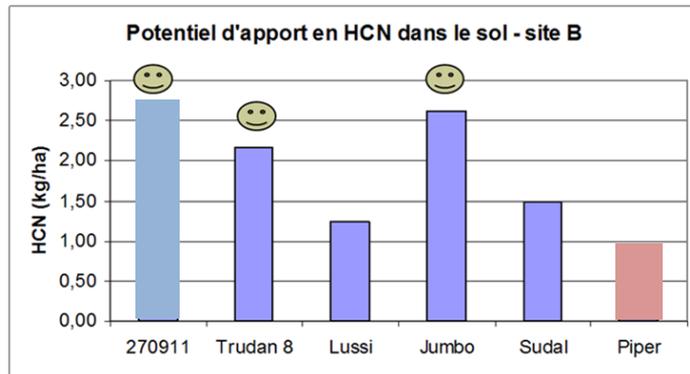


Potentiel de biofumigation des sorghos (APREL)

Dhurrine = glucoside → HCN (acide cyanhydrique)

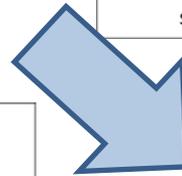
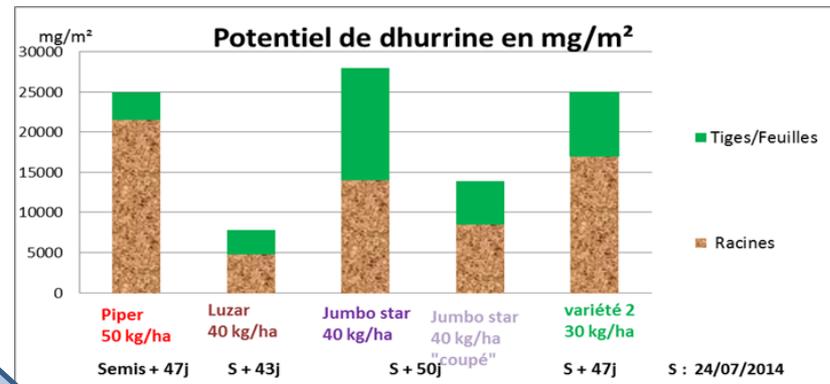
Richesse en Dhurrine

- variable selon les variétés

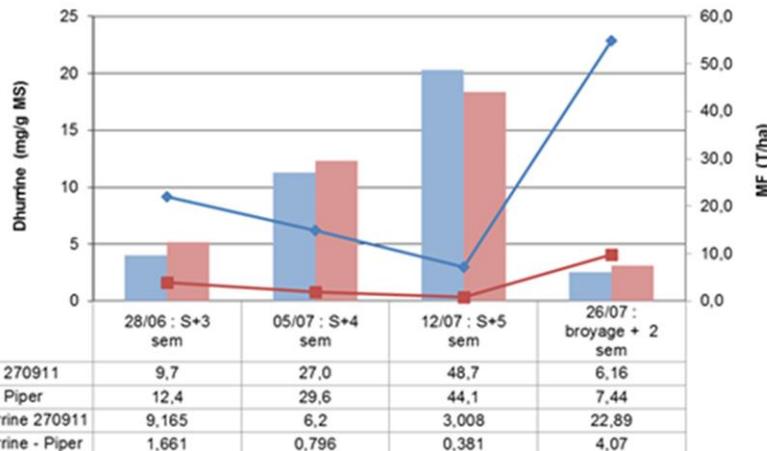


- Variable dans le temps

- Proportions différentes parties aériennes / racines *Ctifl 2015*



Evolution de la MF et des teneurs en dhurrine dans le sorgho (parties aériennes)



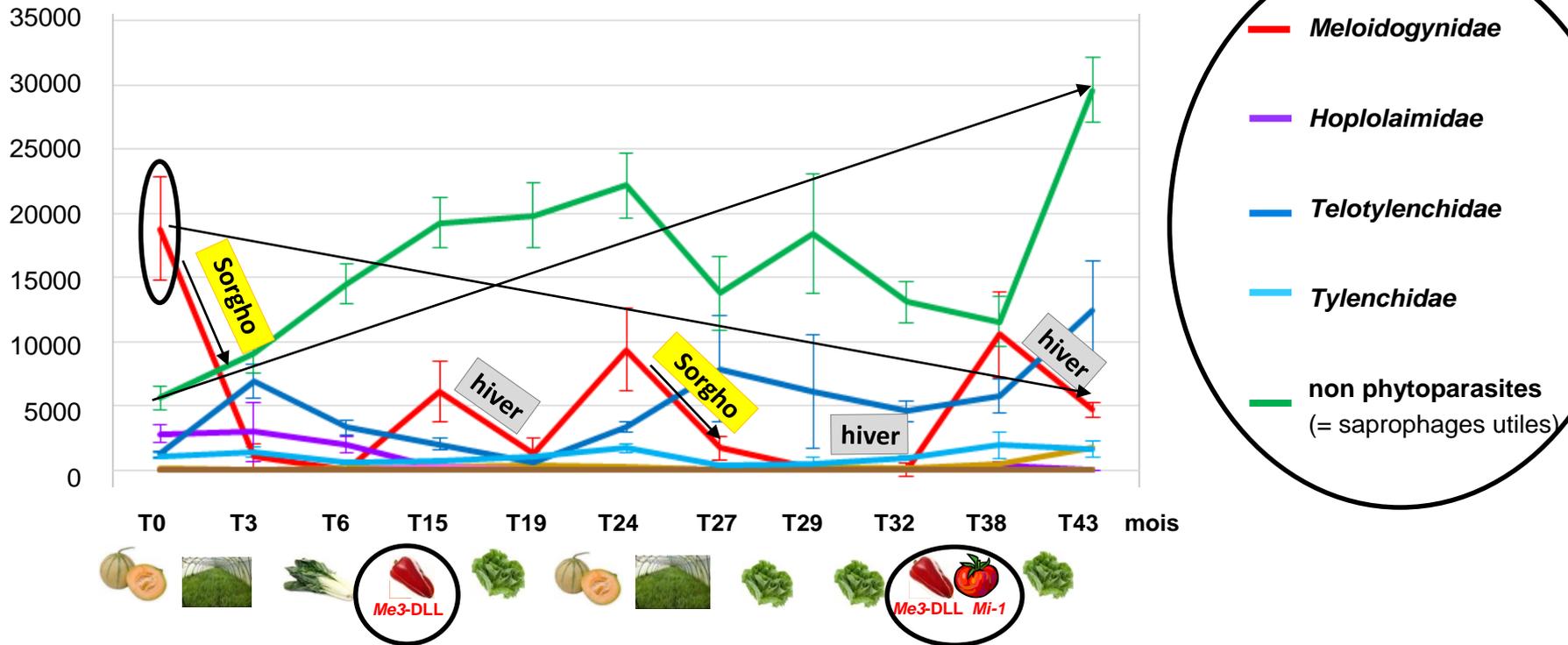
Adaptations techniques à faire pour optimiser l'effet biofumigant du sorgho

- Choix variétal
- Coupe à 3-4 semaines
- Bâchage ?
- Doubles semis

Systeme S1: engrais vert sorgho biofumigant

Nombre de nématodes/ dm3 de sol

Parcelle "sorgho Biofumigant"

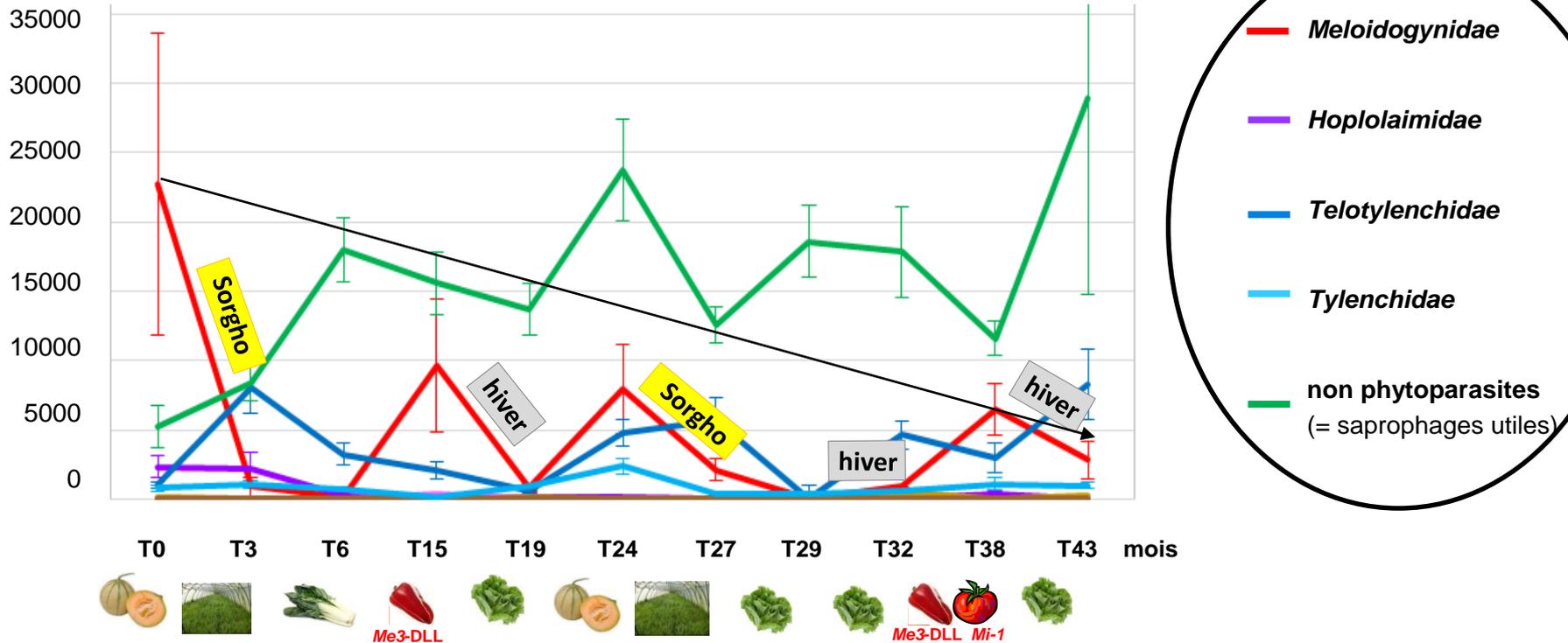


- ~ Forte diminution des *Meloidogyne* avec le sorgho 'biofumigant' broyé après 30 js (>90%)
- ~ Protection des résistances contournables (en été, indice de galle <1 sur échelle 0-10)
- ~ Augmentation notable des espèces non phytoparasites (saprophages utiles)
- ~ Effet durable du système S1 (communauté de nématodes variée et importante)

Systeme S1: engrais vert sorgho biofumigant

Nombre de nématodes/ dm3 de sol

Parcelle "sorgho classique Piper"



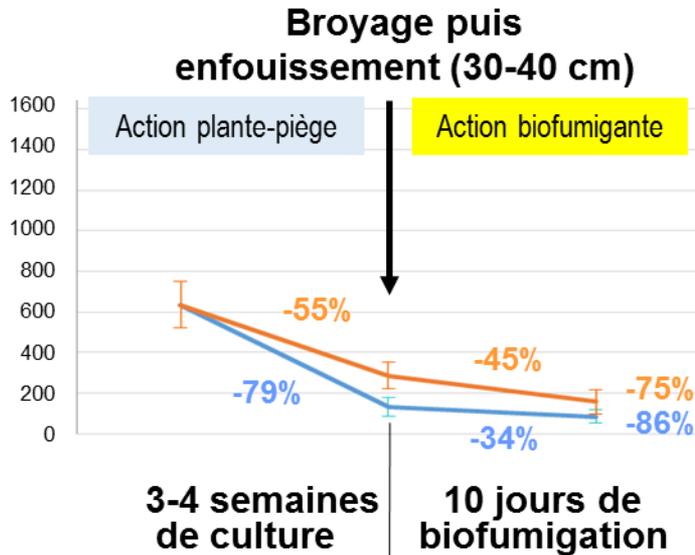
Même évolution avec l'engrais vert 'sorgho classique Piper' broyé à 30 js:
efficace et durable

Etude des mécanismes d'action des sorghos (INRA)

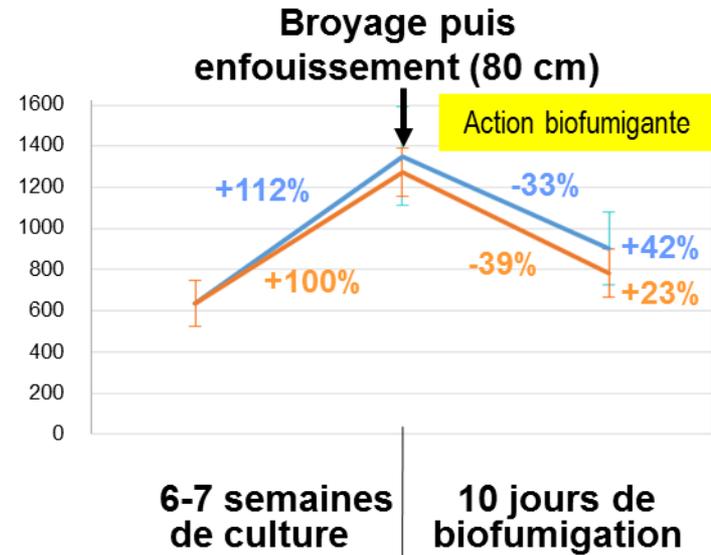
Variabilité de l'efficacité des sorghos: pourquoi?



Nombre moyen de nématodes par kg de sol



Sorghos
Biofumigant
Piper (classique)



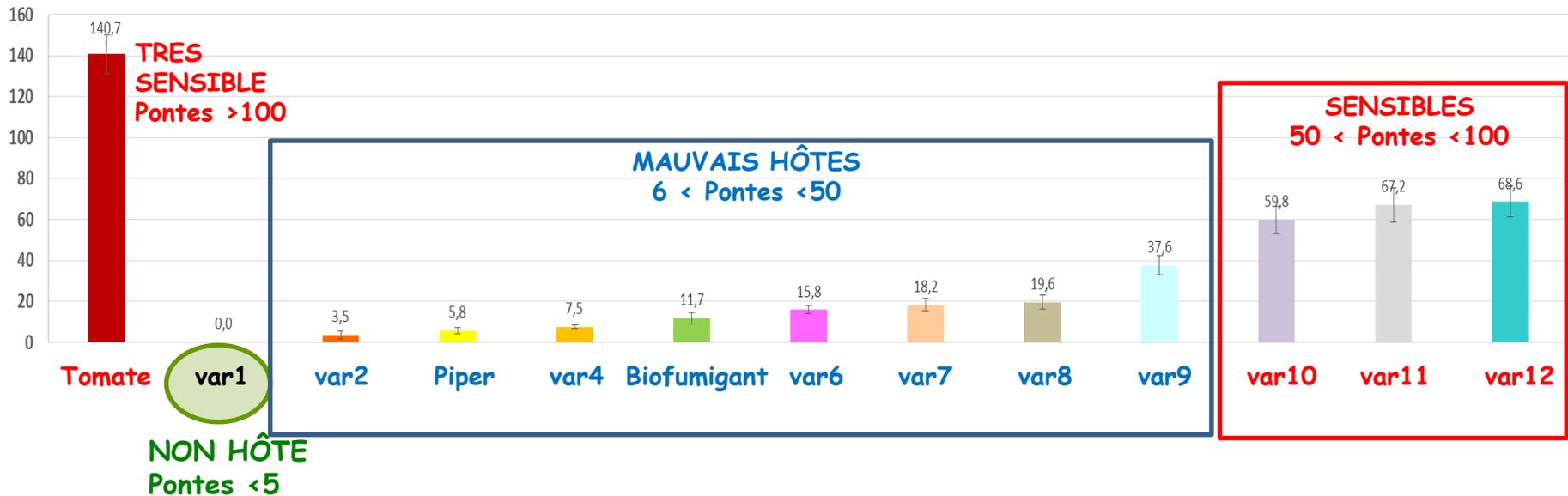
Sorghos mauvais-hôtes => réduction intéressante du nombre de nématodes dans le sol avec les 2 sorghos **uniquement s'ils sont enfouis avant la fin du cycle des nématodes ~ 4 semaines en été** ➡ **Mode d'emploi important !**

Etude des mécanismes d'action des sorghos (INRA)



Qualités d'hôte des Sorghos : tous mauvais-hôtes?

Nbre moyen de pontes/plant (inoculation 600 larves *M. incognita*/plant)



1 seule variété de sorgho véritablement **non hôte** (0 galle et ponte)
peut être cultivé plus de 4 semaines sans multiplier les nématodes

➔ Effet variétal fort

Bilan Système S1: engrais verts sorghos

Intérêt réel du sorgho si bien utilisé:

- ✓ Agronomique
- ✓ Effet assainissant
- ✓ Forte réduction des *Meloidogyne* (semble durable)
- ✓ Protection des piments et tomates à résistance contournable
- ✓ Augmentation des nématodes non phytoparasites (utiles)



(Phytoma La défense des végétaux, n° 698, Novembre 2016, 39-44)

Résultats à approfondir :

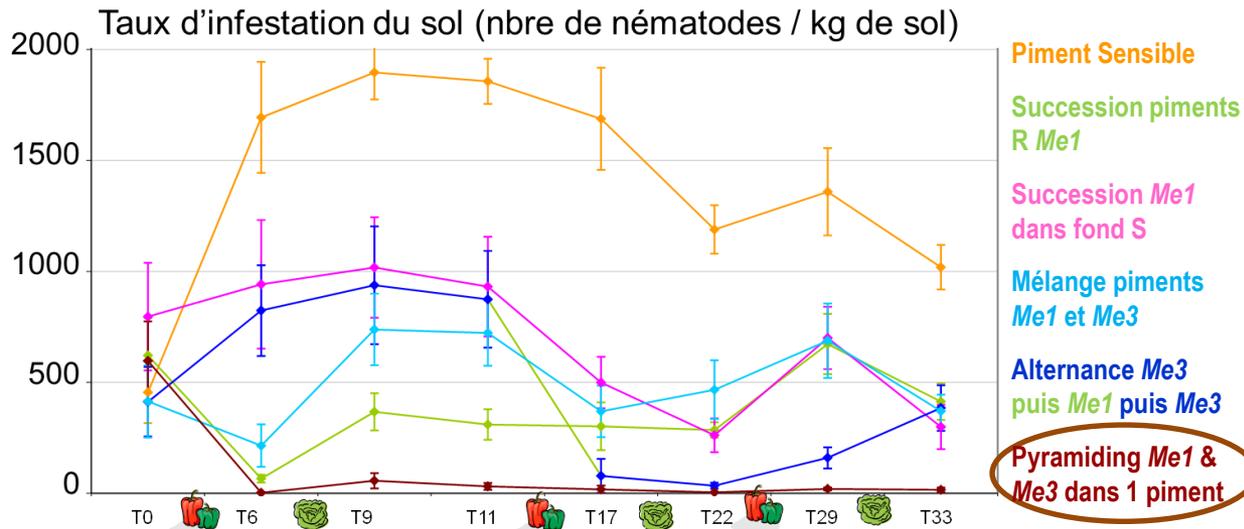
- ✓ choix variétal,
- ✓ succession de sorghos,
- ✓ intérêt d'autres cultures intermédiaires...

Expérimentation Système S2: engrais vert piment résistant *Me1/Me3* (innovation plante-piège)



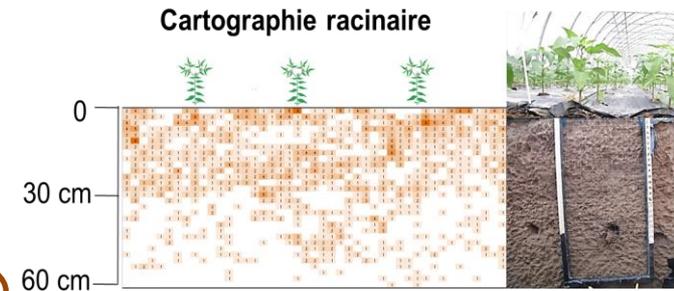
Potentiel de piégeage des piments résistants (INRA Sophia & Alenya)

Modalités de gestion des résistances aux nématodes (site expérimental CREAT CA06)



(BMC Plant Biology 14: 53-66, 2014)

Potentiel d'enracinement du piment-piège *Me1Me3*

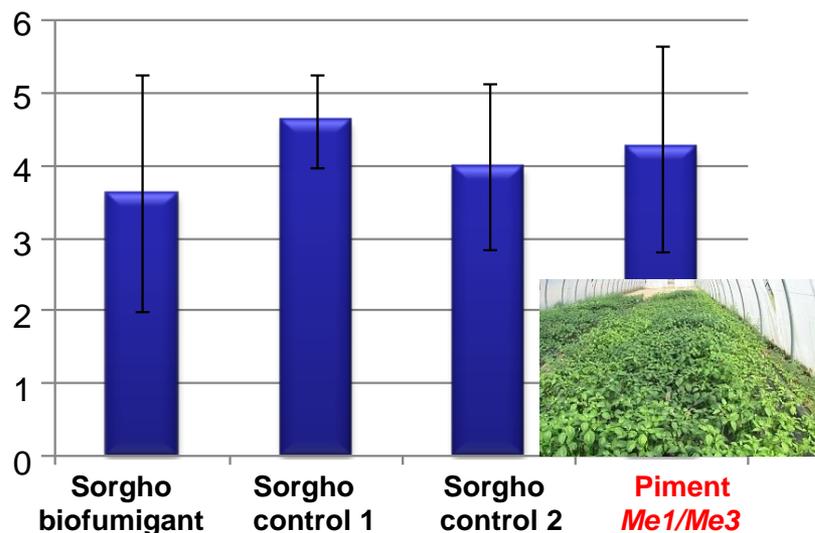


Fort diminution des *Meloidogyne* dans le sol avec les piments résistants, en particulier *Me1Me3*

Bon potentiel de colonisation du sol par les racines des piments résistants *Me1Me3* pour piéger les nématodes, jusqu'à 30 cm de profondeur

Comportement agronomique des piments résistants *Me1Me3* (INRA Alénya)

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



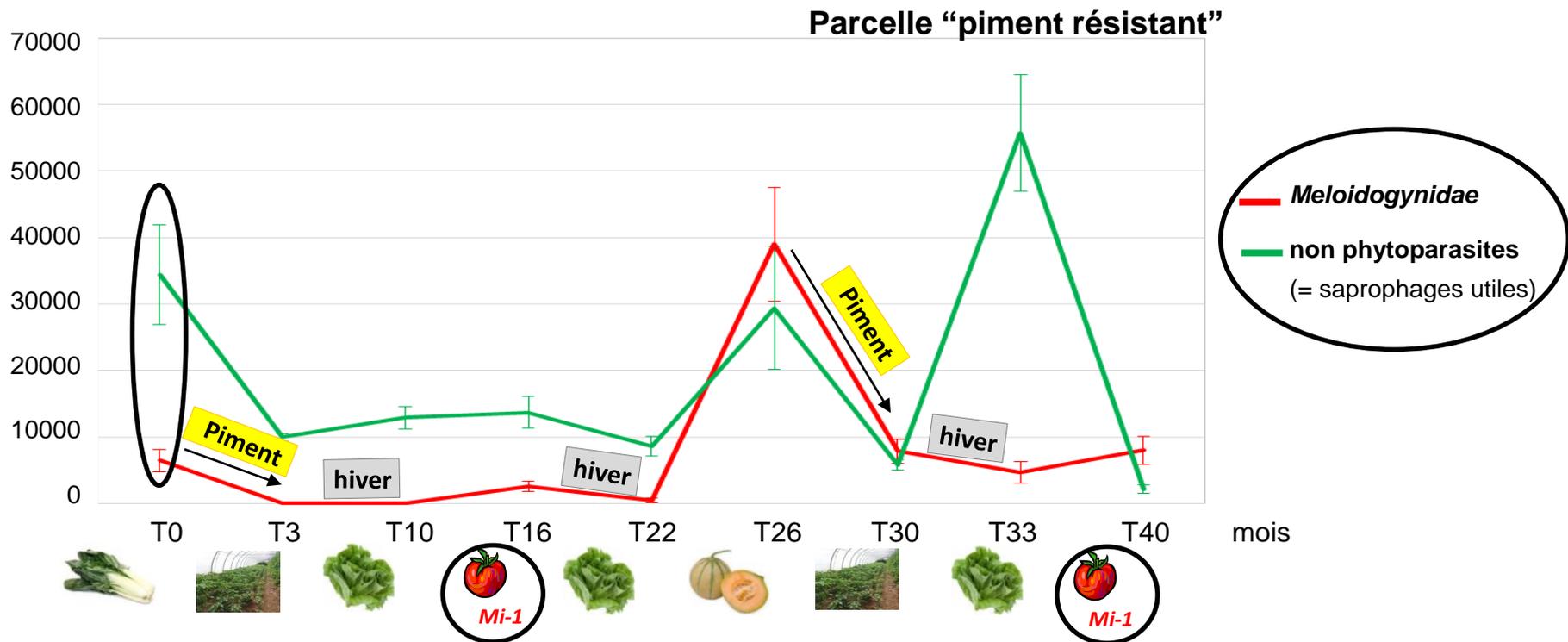
➤ *la matière sèche de piment enfouie est équivalente à celle des sorghos utilisés traditionnellement*

2 fois plus d'azote disponible derrière l'EV piment (400 unités) que derrière l'EV sorgho (170 unités)

~ Bonne valeur agronomique des piments résistants comme engrais verts

Systeme S2: engrais vert piment résistant

Nombre de nématodes/ dm3 de sol



~ Forte reduction des **Meloidogyne** (90%) avec l'engrais vert piment résistant (enfoui après 3 ou 1,5 mois)

~ Réduction des dégâts sur salades et blettes sensibles

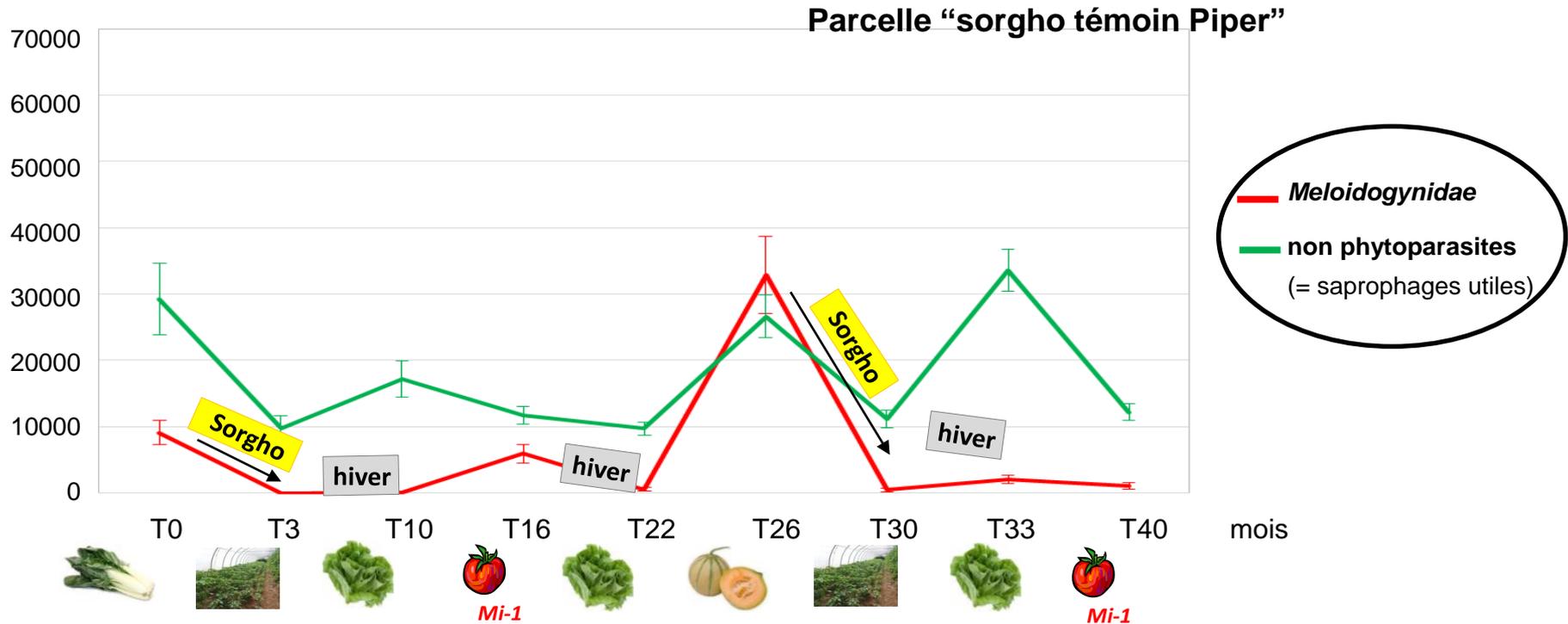
~ Protection des résistances contournables (en été, indice de galle <1 sur échelle 0-10)

~ Evolution plus ou moins identique des **espèces non phytoparasites** et **Meloidogyne**

~ Pas d'action durable quand la diversité des communautés de nématodes est très faible (que des *Meloidogyne* et des saprophages)

Systeme S2: engrais vert piment résistant

Nombre de nématodes/ dm³ de sol



- ~ Même évolution avec l'engrais vert 'sorgho classique Piper' : efficace mais non durable
- ~ Evolution différente par rapport à la parcelle 'sorgho classique Piper' de Lambesc où la diversité des communautés de nématodes variée et importante

Bilan Système S2: engrais vert piment résistant

Intérêt réel du piment résistant:

- ✓ **Agronomique** : équivalent à celle du sorgho pour la biomasse
- ✓ **Effet assainissant** : plantes pièges avec un bon potentiel de colonisation du sol par les racines
- ✓ **Forte réduction des *Meloidogyne*** (Agronomy and Sustainable Development, 36:68, Online 2016)
- ✓ **Bonne protection des piments et tomates à résistance contournable**

**Attention: durabilité des systèmes (sorgho et piment)
seulement si communauté de nématodes variée et importante**



Résultats à approfondir :

- ✓ Améliorer la culture du piment en engrais vert (densité, paillage....)
- ✓ Coût des semences (piment en engrais vert)



Expérimentation Système S3: solarisation en été 1 an/2 et plante mauvais-hôtes (MH) en hiver



Systeme S3: solarisation et plante mauvais-hôte

Marguerittes (Nîmes)

	2012												2013												2014												2015												2016	
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F			
S3-Temoïn	Courgette	Solarisation					Persil					Piment R (Me3 DLL)					Salade sensible	Courgette	Solarisation	Salade sensible (2)					Piment R (Me3 DLL)					Salade sensible																				
S3-T3	Courgettes	Solarisation					Persil					Piment R (Me3 DLL)					Mâche non hôte	Courgette	Solarisation	Mâche non hôte (2)					Piment R (Me3 DLL)					Salade sensible																				

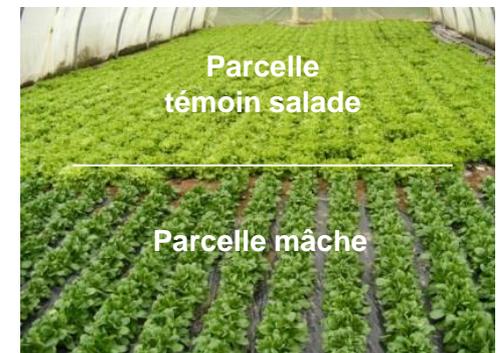


1 tunnel x 480 m²

- Sol: 15% sable, 21% argile, 40% limon. pH=8,4. C/N=11,2 . MO=2,5%
- ***Meloidogyne incognita* + *M. arenaria***
- **Solarisation** 2 mois août 2010, 2012, 2014 (tous les 2 ans au lieu de tous les ans)
- **Mâches (Trophy)** plantées le 25/11/2013 (trop tardif pour piéger les nématodes)
- **Mâches (Gala et Trophy)** plantées le 08/10/2014

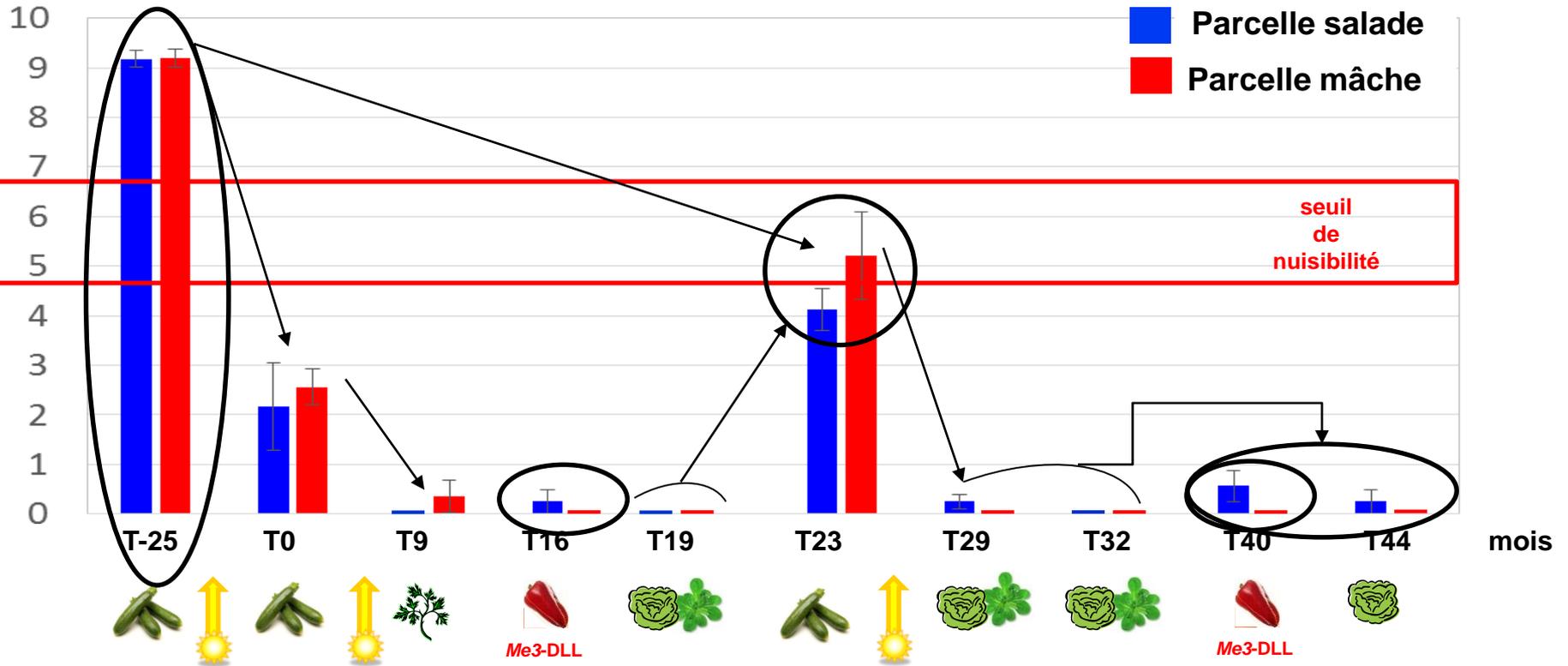
Salade

Mâche



Systeme S3: solarisation et plante mauvais hôte

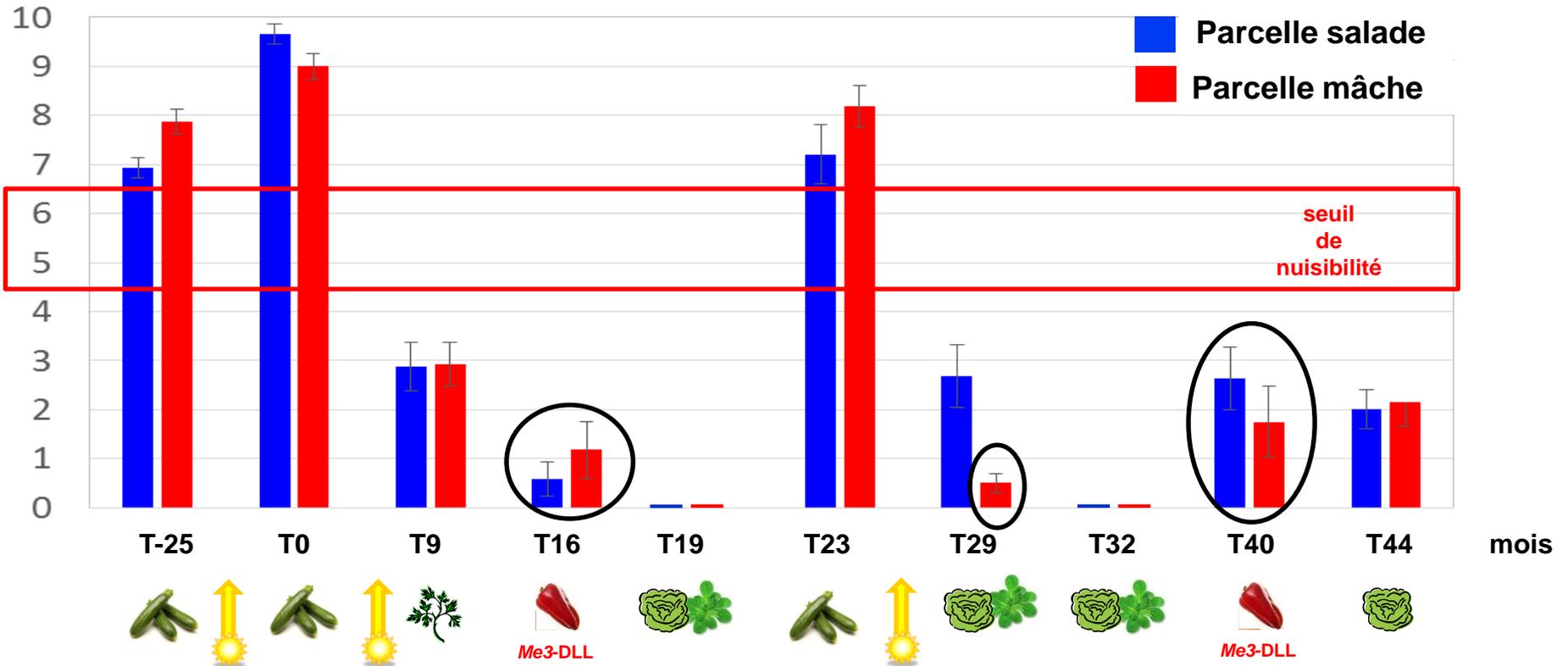
Indice de galle (échelle 0 à 10) sur rangs centraux



- ~ Courgettes très attaquées au départ (> seuil de nuisibilité)
- ~ Solarisation efficace : réduction de 50% des dégâts sur courgettes / T-25
- ~ Protection des résistances contournables si inoculum réduit par solarisation (IG<1)
- ~ Peu d'effet de la plante mauvais-hôte (mâche) en hiver mais efficace si plantée tôt

Systeme S3: solarisation et plante mauvais hôte

Indice de galle (échelle 0 à 10) sur rangs de bordure



- ~ Solarisation non efficace sur rangs de bordure
- ~ Mâche mauvais-hôte et pas non hôte (attaquée) sur rangs de bordure
- ~ Résistance des poivrons contournée si inoculum trop important (mauvaise désinfection)

Systeme S3: solarisation et plante mauvais hôte

Intérêt réel de la solarisation:

- ✓ Effet assainissant (rangs centraux)
- ✓ Forte réduction sur *Meloidogyne* (rangs centraux)
- ✓ Bonne protection des piments à résistance contournable et des cultures suivantes si bonne désinfection
- ✓ Pas d'effet très fort sur nématodes non phytoparasites (utiles)
- ✓ Peu de diversité de la nématofaune sur ce site: solarisation?



Plante non hôte ou mauvais hôte en hiver:

- ✓ Peu intéressant si le cycle est stoppé (plantation tardive en hiver)
- ✓ Réduction des *Meloidogyne* avec mâche (mauvais-hôte)



Résultats à approfondir :

- ✓ Durabilité de l'effet solarisation
- ✓ Recherche d'autres plantes mauvais-hôtes

Perspectives GEDUNEM

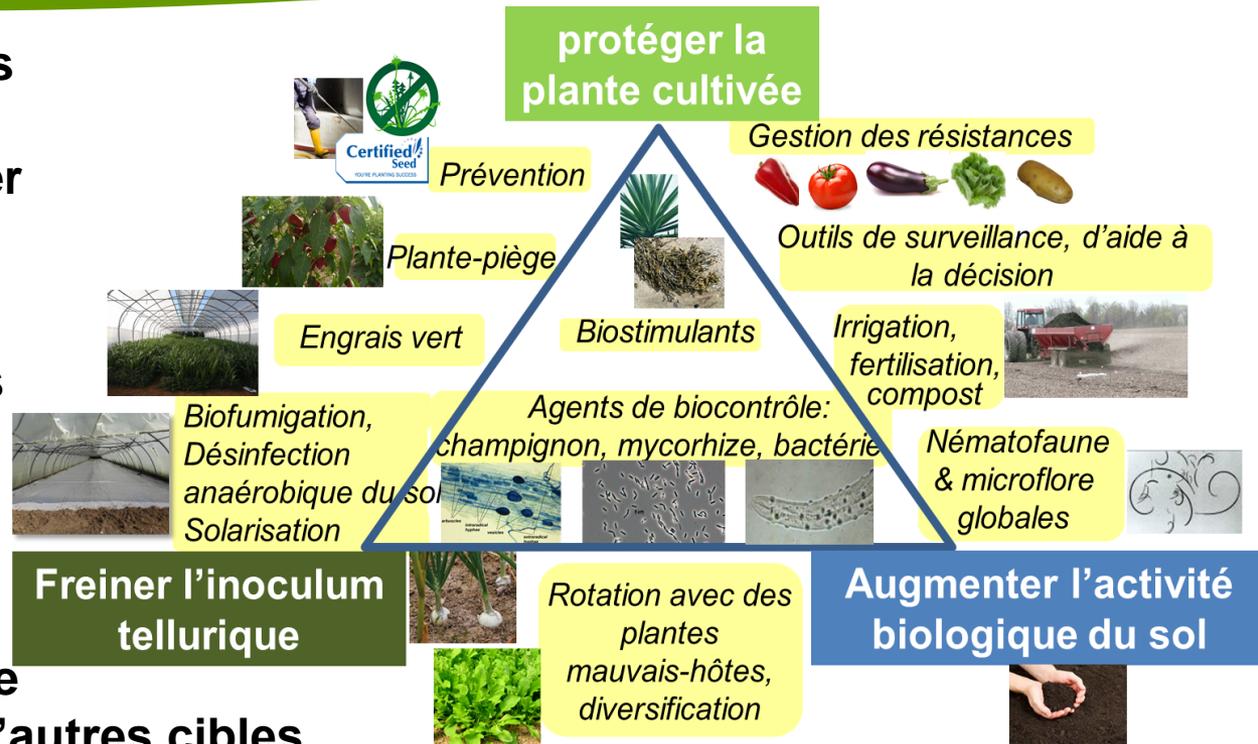
➤ Améliorer ces systèmes sous abris, les tester à nouveau, les disséminer plus largement

➤ Les comparer avec des systèmes plein champs

➤ Introduire de nouveaux leviers agroécologiques

➤ Elargir la problématique nématodes à galles à d'autres cibles

➤ Développer des solutions intégrées innovantes pouvant être adoptées largement en Europe



Moyens envisagés:

✓ Un projet pour monter un **Groupe Opérationnel en PACA** (porté par le GRAB, demande financement européen PEI)

✓ Un projet européen en cours de montage (porté par l'INRA, financements européens dépôt C-IPM 2016 et H2020 2017)

Partenaires GEDUNEM (remerciements)



Sophia Antipolis

Caroline Djian-Caporalino, Philippe Castagnone-Sereno,
Ariane Fazari, Nathalie Marteu

PACA

Avignon

Mireille Navarrete, Marc Tchamitchian, Arnaud Dufils, Mathilde Chapuis, Claudine Furnion
Alain Palloix, Anne-Marie Sage-Palloix, Ghislaine Nemouchi, Marion Szadkowski

Alénya Roussillon Amélie Lefevre,
Laure Pares



Montpellier

Thierry Mateille,
Johannes Tavoillot



St Rémy de Provence

Claire Goillon, Catherine Taussig



Avignon

Hélène Védie



CA83

Marie Torres, Jean-Pierre
Mesguen, Isabelle Forest

Producteurs

Robert Priolio (**Six-Fours**),
Olivier Arnaud (**Lambesc**),
Xavier Hevin (**Marguerittes**)



Pour plus d'info:

caroline.caporalino@inra.fr,

mireille.navarrete@inra.fr

<http://www.picleg.fr/Les-Projets-en-cours/Gedunem>