



*Métaprogramme SMaCH (Sustainable management of crop health)
Action PRESUME (Plant RESistance SUSTainable ManagEMENT)*

Projet GEDUNEM 02/2012 - 02/2016

Innovations techniques et variétales pour
une **GE**stion **DU**rable & intégrée
des **NEM**atodes à galles
dans les systèmes maraîchers sous abris



07/2011

Caroline Djian-Caporalino et Mireille Navarrete



09/2012



Association Provençale
de Recherche et
d'Expérimentation Légumière



Rencontres du GIS PIClég, 9 & 10 décembre 2013, Paris

Objectifs

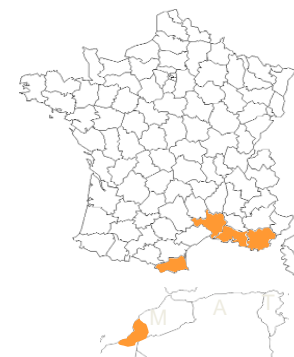
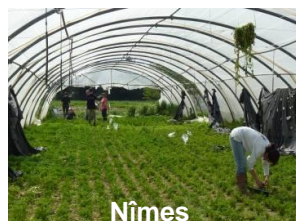


- **Déterminer s'il est possible de prolonger la durabilité de résistances variétales en combinant ces plantes R avec des techniques culturales pour diminuer les pressions d'inoculum sur les gènes de R**
- **Evaluer ces nouveaux systèmes de culture des points de vue :**
 - . **écologique** (impact sur la diversité des nématodes du sol),
 - . **agronomique** (impact sur productivité, autres bioagresseurs, maintien de la fertilité),
 - . **socio-économique** (viabilité des systèmes de culture et acceptation par les producteurs).

Partenaires Recherche Expérimentation Développement Profession agricole

- ~ INRA : centre PACA, IPN Sophia Antipolis (06), GAFL & EcoDev Avignon (84)
- ~ INRA : domaine expérimental Alénya-Roussillon (66)
- ~ IRD : UMR CBGP Montpellier
- ~ APREL : producteur Lambesc (13)
- ~ Chambre d'agriculture : producteur Six-Fours (83)
- ~ GRAB : producteur Marguerittes-Nîmes (30)
- ~ Idyl : producteur maraîchage bio (Maroc)

5 sites expérimentaux



INRA Alénya-Roussillon (66), GRAB-producteur (30), APREL-producteur (13), APREL/Chambre d'agriculture Var-producteur (83), Idyl (Maroc)

■ Systèmes de culture et TK testés



Mi-1



Me3

Plantes résistantes contournables (dont on veut prolonger la durabilité)



Solarisation



année 1

année 2

interculture



hiver



Alternance des gènes de R :
Mi-1, *Me3*
(recyclage)

Engrais verts :
sorgho nématocide
ou piment pyramidé
Me1+Me3
« plante-piège »

Plantes non hôtes

Liliaceae (ail, oignon, poireau, asperge),
Apiaceae (fenouil), Brassicaceae
(navet, chou rave, roquette),
Valerianaceae (mâche)

Techniques culturales pouvant diminuer les pressions parasitaires

Choisies en fonction des données Sysbiotel & Prabiotel



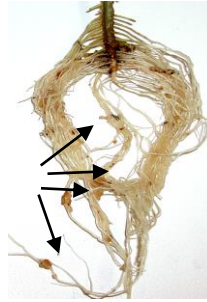
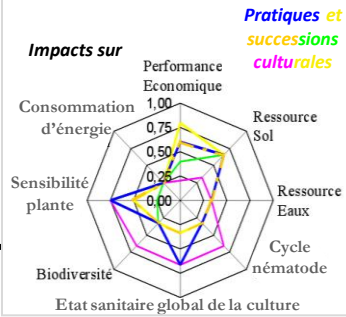
Témoins sensibles (plantes révélatrices)

■ Systèmes de culture et TK testés

		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
Système S1 APREL - Lambesc		Objectif : évaluer l'effet d'un engrais vert d'été (sorgho) au potentiel nématocide sur la durabilité d'une résistance contournable																																				
S1-Témoins	Melon	EV Sor Piper	Blettes			Piment R (Me3 DLL)	Salades	Melon	EV Sor Piper	Salades	Piment R (Me3 DLL)	Salades																										
S1-T1	Melon	EV Sor Nem	Blettes			Piment R (Me3 DLL)	Salades	Melon	EV Sor Nem	Salades	Piment R (Me3 DLL)	Salades																										
Système S2 APREL CA83 - SixFours		Objectif : évaluer l'effet d'un engrais vert d'été résistant (piment Me1Me3) sur la durabilité d'une résistance contournable en alternant ou pas les gènes de résistance																																				
S2-Témoins	Blettes	EV Sor Lussi	Salades			Tomate R Mi-1 Piment R Me3 DLL	Salades	Melon	EV Sor Piper	Salades	Tomate R Mi-1 Piment R Me3 DLL	Blettes																										
S2-T2	Blettes	EV Piment Me1Me3	Salades			Tomate R Mi-1 Piment R Me3 DLL	Salades	Melon	EV Piment Me1Me3	Salades	Tomate R Mi-1 Piment R Me3 DLL	Blettes																										
Système S3 GRAB - Marguerittes		Objectif : évaluer l'effet de la solarisation et de l'insertion d'une culture d'hiver non-hôte dans la rotation sur la durabilité d'une résistance contournable																																				
S3-Témoins	Courgette	Solarisation	Persil			Piment R (Me3 DLL)	Salade sensible	Piment R Me1Me3 ou Melon	Salade sensible	Piment R (Me3 DLL)	Salade sensible																											
S3-T3	Courgettes	Solarisation	Persil			Piment R (Me3 DLL)	Mâche non hôte	Piment R Me1Me3 ou Melon	Cult non hôte	Piment R (Me3 DLL)	Salade sensible																											
Système S4 IDYL - Maroc		Objectif : évaluer l'effet d'un engrais vert résistant (piment Me1Me3) ou de l'alternance de gènes de résistance (Mi1 / Me3) sur une population de nématodes virulents sur la tomate (<i>M. javanica</i>) en condition de température élevée même en hiver																																				
S4-T1 témoins		tomate R (Mi1)				tomate R (Mi1)			tomate R (Mi1)		tomate R (Mi1)																											
S4-T2 piment R		tomate R (Mi1)				piment R (Me3 DLL)			tomate R (Mi1)		piment R (Me3 DLL)																											
S4-T3 EV piment R		tomate R (Mi1)	EV piment R			tomate R (Mi1)	EV piment R		tomate R (Mi1)	EV piment R	tomate R (Mi1)	EV piment R																										
S4-T4 EV non hôte		tomate R (Mi1)	EV maïs			tomate R (Mi1)	EV maïs		tomate R (Mi1)	EV maïs	tomate R (Mi1)	EV maïs																										

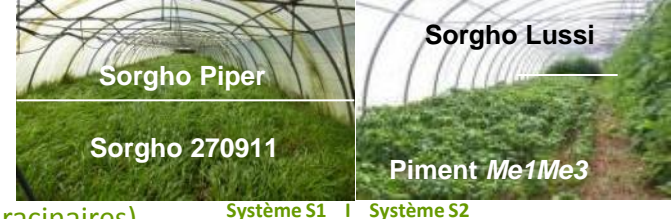
Indicateurs analysés

Indicateurs pathologiques	Indicateurs agronomiques	Indicateurs environnementaux	Indicateurs sociaux-économiques (voir environnementaux)
<p>Nématodes : IS (sol), IG (racines), PR (virulents)</p> <p>Autres pathogènes: INR + CFU</p>	<p>Taux d'azote et MO du sol</p> <p>MF & MS des EV</p> <p>HCN (sorgho)</p> <p>Occupation du sol par racines</p> <p>Rendements</p>	<p>Traitements phytosanitaires qui concernent le sol</p> <p>Nématofaune totale (NTS)</p> <p>Niveau d'utilisation des ressources (amendements, engrais)</p> <p>Nombre de passages d'outils de travaux de sol</p>	<p>Acceptabilité des systèmes par enquête</p> <p>Analyse de la durabilité des prototypes de systèmes de cultures avec l'outil DEXiPM (87 critères à renseigner)</p>



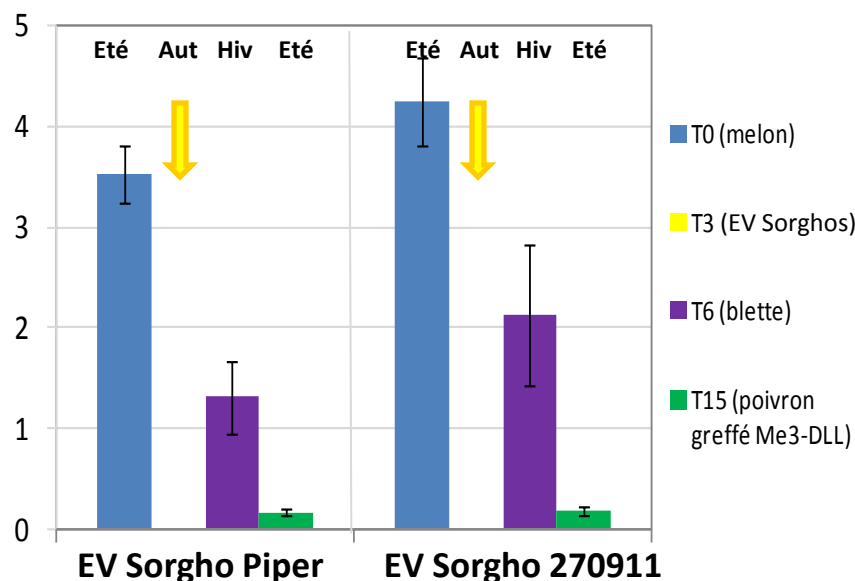
Rencontres du GIS PIClég, 9 & 10 décembre 2013, Paris

Exemples de premiers résultats



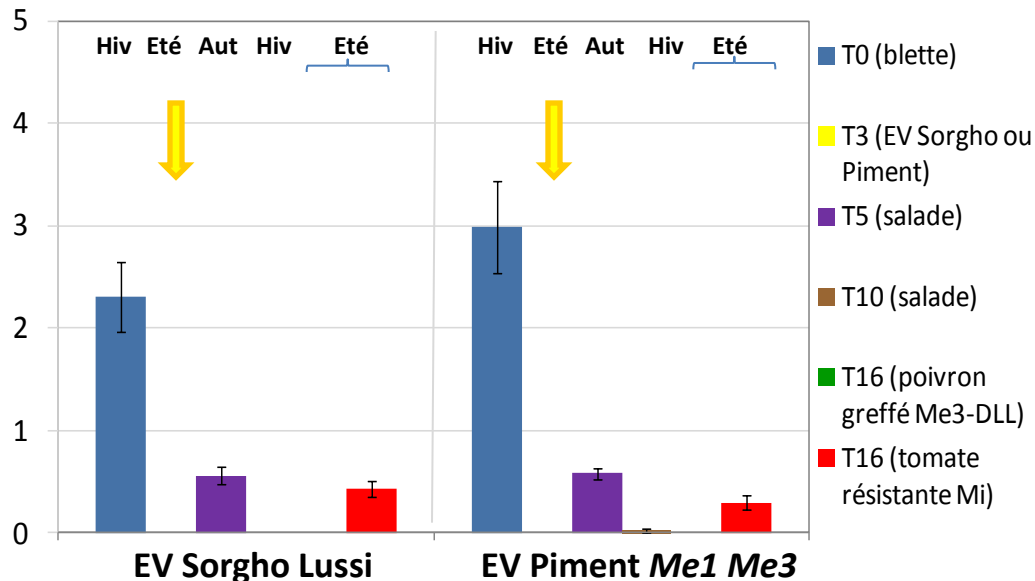
Analyses nématologiques : évolution des IG (indices de galles racinaires)

IG moyens (54 plants)



Système S1: APREL - Lambesc

IG moyens (28 à 67 plants)



Système S2: APREL/CA83 - Six Fours

➤ Effet espèce :

- Pas de galle sur les 4 EV (sorghos et piment) après 1 à 2 mois de culture
- Blettes ou salades assez peu attaquées (*hiver*)
- Poivrons à résistance contournable très peu attaqués (Système S1) ou pas du tout dans Système S2 lorsque pressions d'inoculum plus faibles
- Résistance *Mi* (tomate) plus fragile?

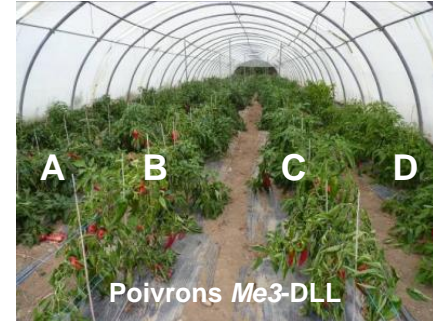
➤ Effet traitement : pas encore de différences visibles



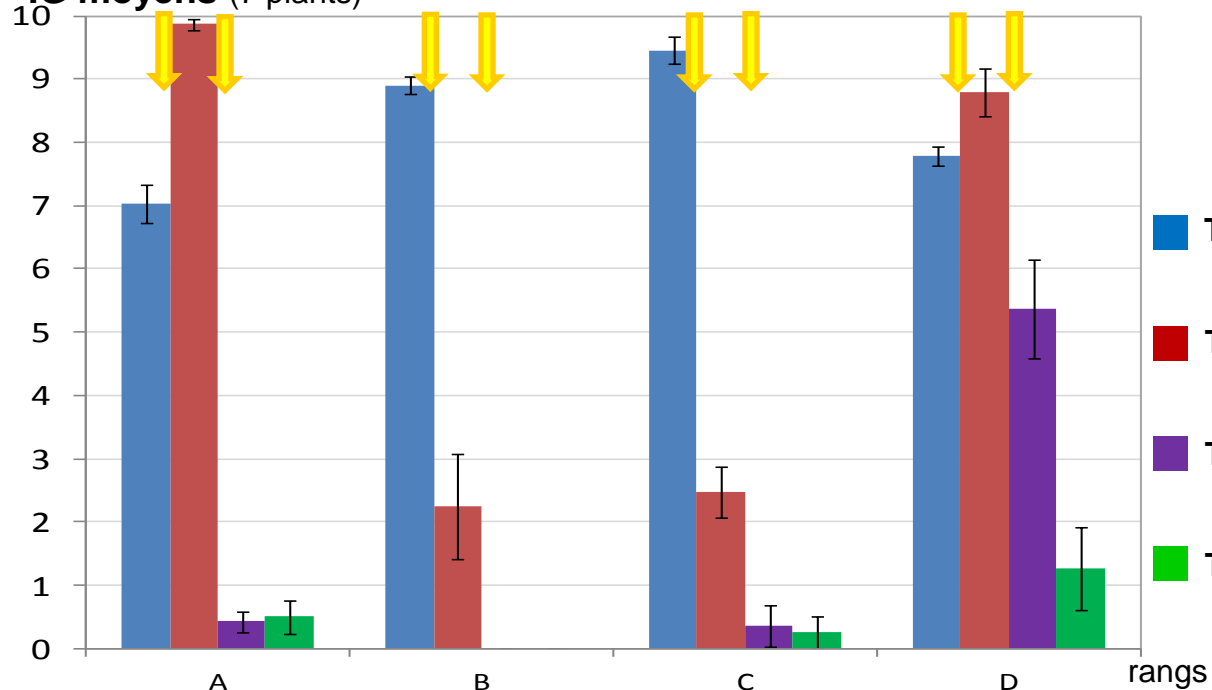
Rencontres du GIS PIClég, 9 & 10 décembre 2013, Paris

Exemples de premiers résultats




Analyses nématologiques : évolution des IG (indices de galles racinaires)



IG moyens (7 plants)



Système S3: GRAB - Marguerites

- T-25 (courgettes) Printemps  Solarisation
- T0 (courgettes) Printemps  Solarisation
- T9 (persil) Hiver  Solarisation
- T16 (poivron Me3-DLL) Eté

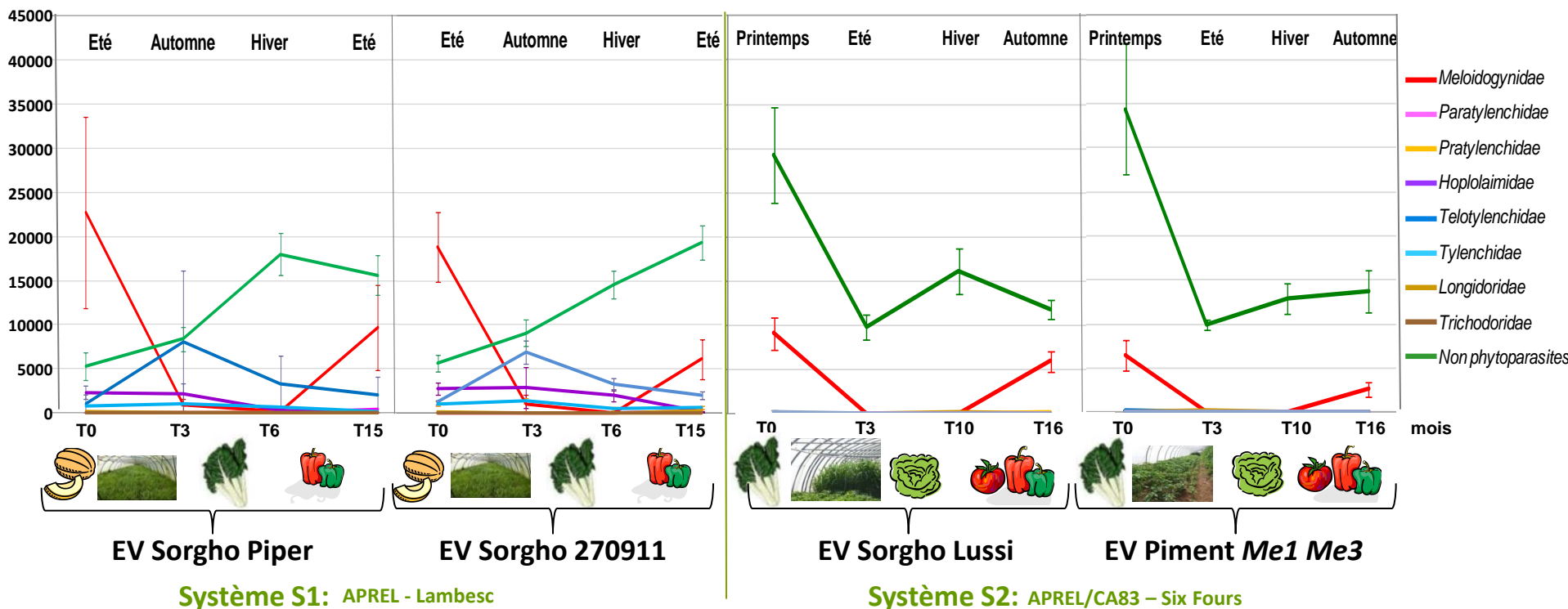
➤ Effet traitement :

- Contamination très importante avant solarisation
- 1^{ère} solarisation efficace rangs centraux, insuffisante sur rangs de bordure
- 2^{ème} solarisation efficace rangs A,B,C, insuffisante sur rang de bordure D
- Meilleure protection poivrons à résistance contournable rangs A,B,C lorsque pressions d'inoculum plus faibles

Exemples de premiers résultats

Analyses nématologiques : évolution des NTS (nématofaune totale du sol)

Nombre de nématodes/ dm³ de sol (8 répétitions)



➤ Effet site (composantes physicochimiques et écologiques des sols)

- Grande diversité des communautés de nématodes sur Lambesc, faible diversité sur Six-Fours
- Augmentation notable des espèces non phytoparasites (saprophages utiles) sur Lambesc, pas à Six-Fours

➤ Effet espèce

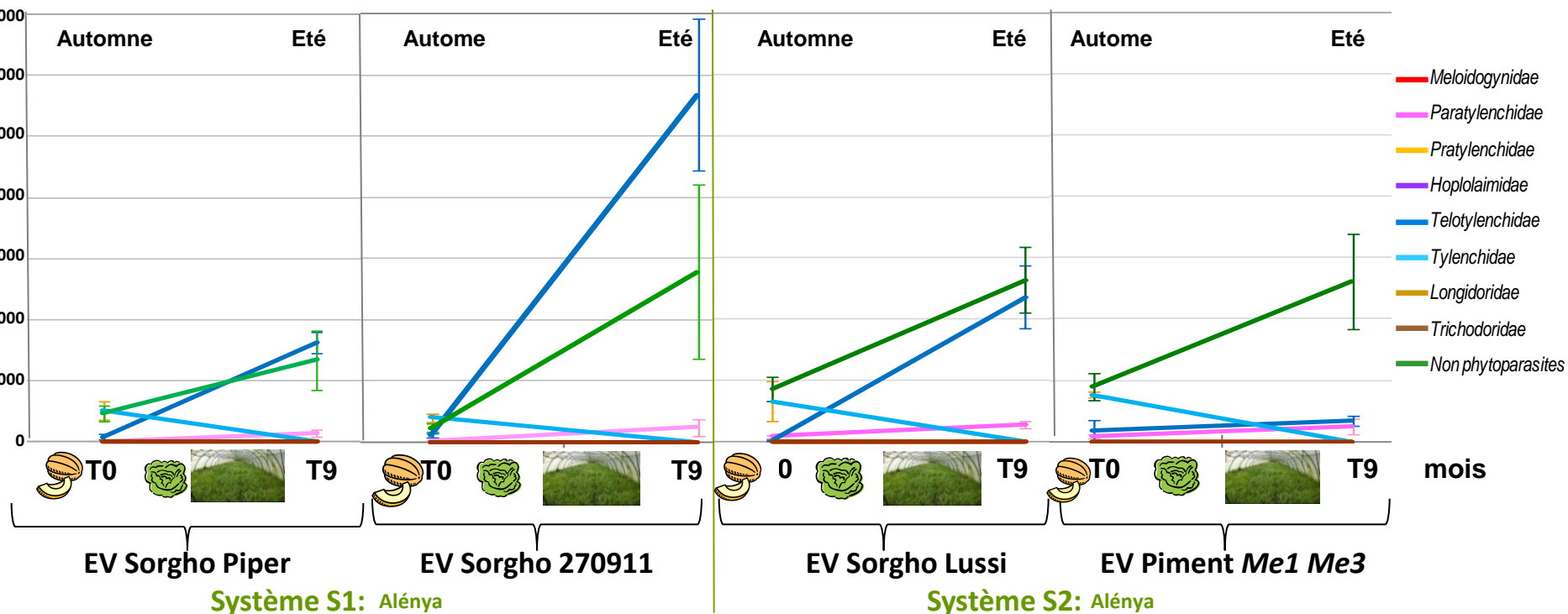
- Très forte réduction des quantités de *Meloidogyne* avec les 4 EV (sorghos et piment)
- Culture d'été résistante « réveille » les *Meloidogyne* non atteints par les EV (> 15 cm de sol) : à suivre...

Rencontres du GIS PIClég, 9 & 10 décembre 2013, Paris

Exemples de premiers résultats

Analyses nématologiques : évolution des NTS (nématofaune totale du sol)

Nombre de nématodes/ dm³ de sol (8 répétitions)

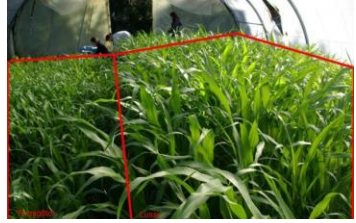


➤ **Augmentation notable des espèces non phytoparasites** (saprophyges utiles) avec Sorghos et Piment

➤ **Forte augmentation de *Tylenchorhynchus*** (semi-endoparasites attaquant laitue et sorgho) avec tous les Sorghos

=> sans *Meloidogyne*, évolutions de nématodes potentiellement à risque, donc intérêt d'avoir ajouté ces parcelles

Exemples de premiers résultats

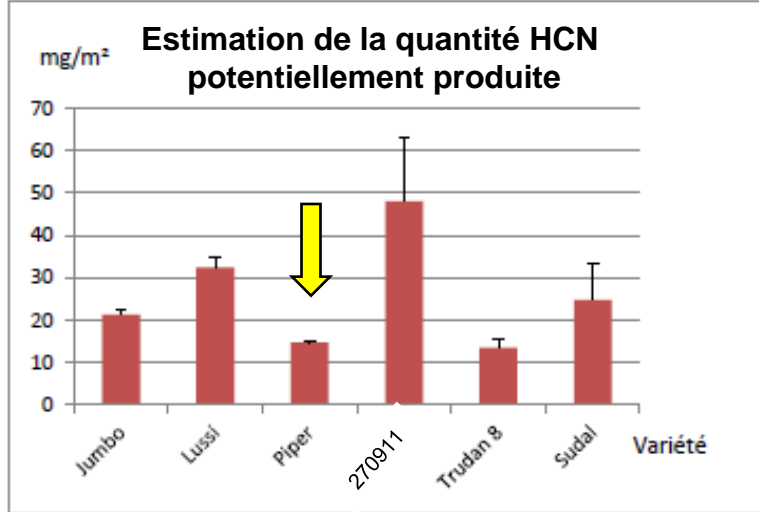
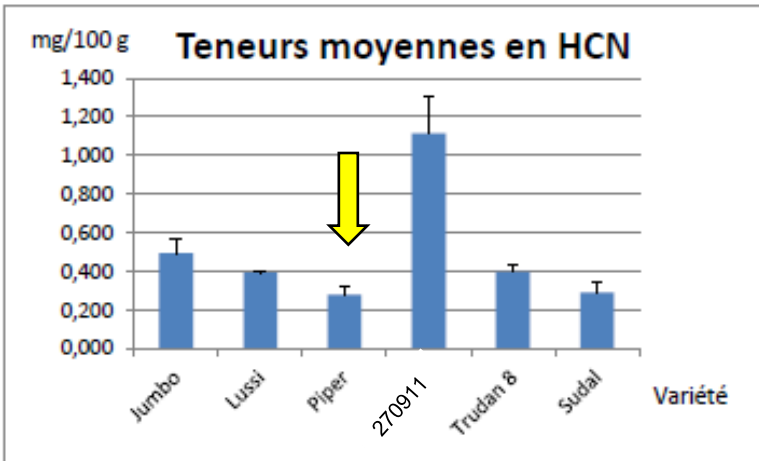


Comparaison des teneurs HCN de 6 variétés de sorghos

Plusieurs sites suivis en parcelles de producteurs
Exemple: Résultats Grab 2012

Modalités	Variétés et descriptifs
A	Hybride sorgho x sudan-grass « Lussi » (Caussade)
B	Hybride sorgho x sudan-grass « Jumbo » (Caussade)
C	Hybride sudan-grass « Trudan 8 » (sorghum partners)
D	Hybride sorgho x sudan-grass « 270911 » (Cerexagri)
E	Hybride sorgho x sudan-grass « Sudal » (Semfor)
F	Témoin Sudan-grass « Piper »

- **270911: une teneur HCN plus élevée mais une production de MS aérienne/m² plus faible**
- **Potentiellement une plus forte production HCN par unité de surface => à valider**
- **Effet date de récolte ? À approfondir**
- **Difficultés méthodologiques et coût pour mesure HCN**



(Bonnal 2012, collaboration INRA/GRAB/APREL)

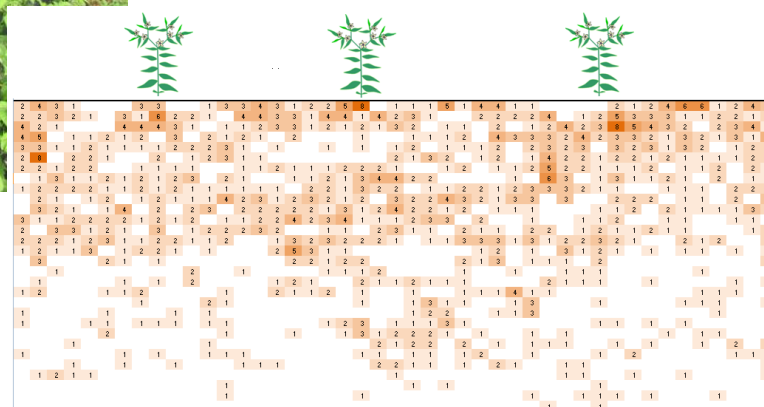


Exemples de premiers résultats

Utilisation de piment R non contournable comme plante piège

Objectif : utilisation d'une variété R *Me1-Me3* pyramidé à forte densité (12 plants/m²)
Evaluation du potentiel de colonisation racinaire du sol

Système S2: APREL/CA83 Six-Fours (2012) et INRA-Alénya (2013)



Alénya 2013: Comptage du nb de racines par cellule de 2 cm de côté
=> Cartographie racinaire sur 0-60 cm

Exemples de premiers résultats

Utilisation de piment R non contournable comme plante piège

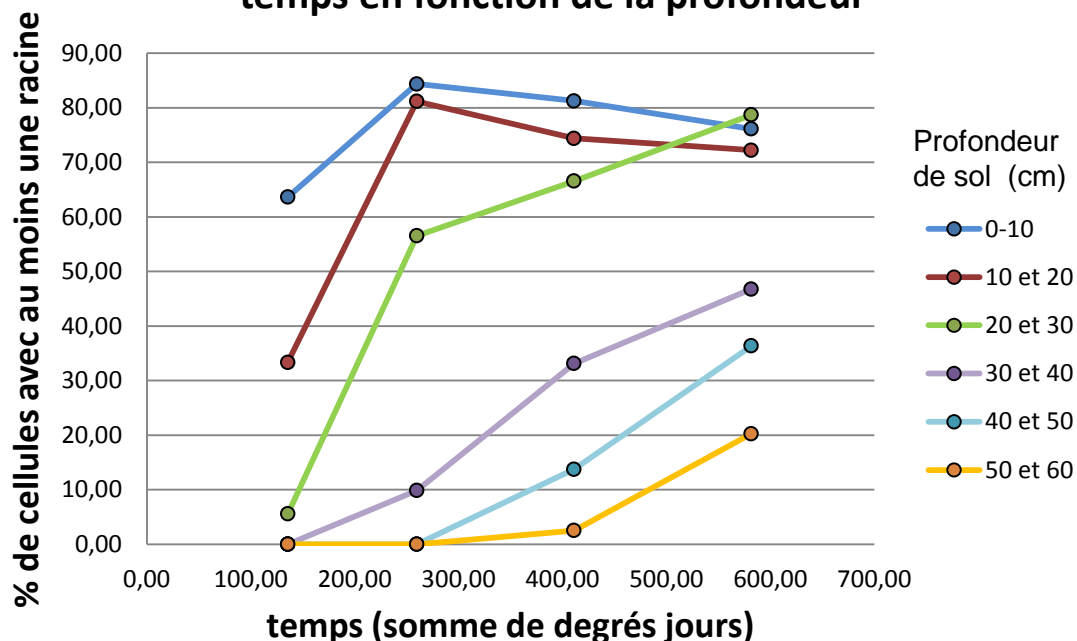
Objectif : utilisation d'une variété R *Me1-Me3* pyramidé à forte densité (12 plants/m²) ;
Evaluation du potentiel de colonisation racinaire du sol

- Très forte colonisation sur 30 cm de profondeur, moyenne à 40 cm
- Possibilité de réduire la durée de culture de 10 à 7 semaines à cette densité

Perspectives :

- Evaluation de l'effet nématocide réel (parcelle Six-Fours 2014) ;
- Dégradation du prototype pour une utilisation par les agriculteurs (pb coût et temps de travail)

Evolution de l'exploration racinaire au cours du temps en fonction de la profondeur



(Chapuis 2013)

■ Un premier bilan scientifique

➤ **Nécessité de concilier choix scientifiques et désirs des producteurs**

- ✓ Intra-site : cohérence du système
- ✓ Inter-sites: cohérence du projet
- ✓ Exploitation agricole: stratégie du producteur

➤ **Intérêt du suivi des populations de nématodes et des cultures sur plusieurs années**

- ✓ Variations de nématofaune ou d'indice de galle: effet traitement (SdC testés) + pratiques des producteurs + conditions climatiques de l'année + sol
- ✓ Risques de confusion d'effets => attention aux conclusions hâtives...

➤ **Intérêt de combiner sites producteurs et station expérimentale**

- ✓ Approfondissement sur la conduite des cultures possible en station (cf colonisation racinaire)
- ✓ Evaluation multicritères : évolution de nématodes potentiellement à risque à Alénia ; effet des SdC sur d'autres bioagresseurs (piments adventices, champignons sur cultures suivantes...)

■ Conclusions

➤ Echanges entre les partenaires

- ✓ Visios + Prélèvements sur sites + centralisation des documents sur 'Projelead' sur serveur INRA Sophia

➤ Liens avec GEDUBAT

- ✓ Suivi des résultats, participation au comité de pilotage, échanges

➤ Premières présentations du projet Gedunem en 2012-2013:

- ✓ Congrès international de Nématologie de l'ESN, Adana (Turquie) 23-27/09/2012
- ✓ Conference internationale 'Plant Resistance Sustainability', Colle-sur-Loup 16-19/10/2012
- ✓ Colloque 'Ecophyto Recherche', Paris 28-29/01/2013
- ✓ Congrès international 'Future IPM in Europe', Riva del Garda (Italie) 19-21/03/2013
- ✓ XV Congrès international Eucarpia 'Genetics and Breeding of Capsicum and egg-plant', Turin (Italie) 2-4/09/2013
- ✓ Colloque 'ISHS', Avignon 28-30/10/2013

■ Partenaires GEDUNEM (*remerciements*)



Sophia Antipolis

Caroline Djian-Caporalino, Philippe Castagnone-Sereno, Ariane Fazari, Nathalie Marteu, Arnaud Barbary (Thèse)

Avignon

Alain Palloix, Anne-Marie Sage-Palloix ; Mireille Navarrete, Marc Tchamitchian, Mathilde Chapuis, Arnaud Dufils

Alénya Roussillon Amélie Lefevre, Laure Pares



Montpellier

Thierry Mateille, Johannes Tavoillot, Marie-Stéphane Tranier



St Rémy de Provence

Claire Goillon, Catherine Taussig



Avignon

Hélène Védie

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



CA83

Marie Torres, Jean-Pierre Mesguen



Maroc

Saadia Takkou, Nizar Marhoum,
Mohamed Oukhouya



DEPHYécophyto

Réseau de Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en phytosanitaires

Yannie Trottin

GEDUBAT



Rencontres du GIS PIClég, 9 & 10 décembre 2013, Paris