



MIFFEL, Salon de la filière fruits et légumes

18/19/20 octobre 2011, Parc des expositions, Avignon Sud



Conférence : production intégrée en culture légumière, les premiers résultats



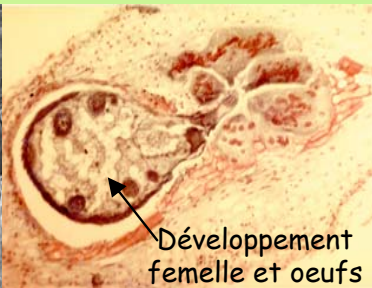
ASSOCIATION PROVENÇALE DE RECHERCHE ET D'EXPÉRIMENTATION LÉGUMIÈRE

Au cœur de notre terroir, un réseau actif...

GESTION DURABLE DES NEMATODES A GALLES DANS LES SYSTEMES MARAICHERS SOUS ABRIS

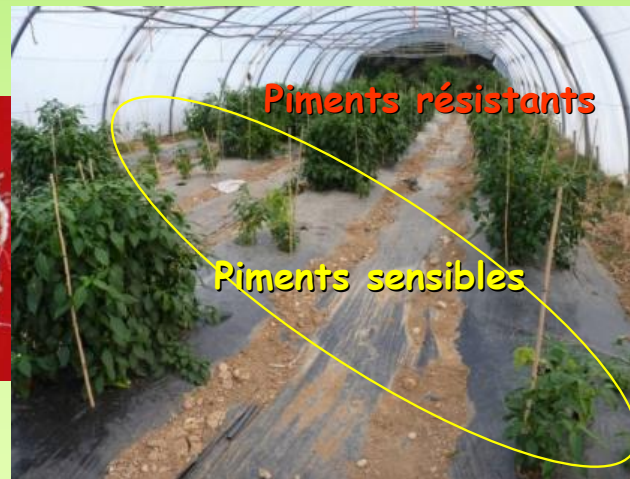


Nématode



Développement femelle et oeufs

Plantes sensibles



Piments résistants

Piments sensibles



Piégeage larve

Plantes résistants



Pôle Santé des Plantes
Sophia Antipolis

Caroline Djian-Caporalino
UMR Interactions Biotiques et santé Végétale,
Equipe Intéractions Plantes-Nématodes

Les nématodes à galles (*Meloidogyne*)

Vers cachés et protégés dans le sol ou la plante



Incidence économique

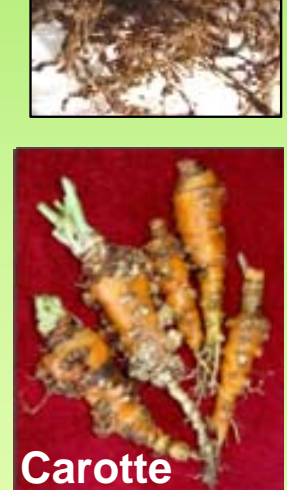
- ✓ Répartis dans le monde entier
- ✓ Polyphages > 5500 espèces de plantes attaquées
- ✓ Pertes mondiales >100 milliards \$ /an
- ✓ Restriction ou interdiction des nématicides chimiques

fleurs, légumes, arbres fruitiers, vigne, céréales, légumineuses fourragères, bananier, café, coton, canne à sucre, tabac, mauvaises herbes...



Les nématodes à galles (*Meloidogyne*)

Un problème en croissance sur cultures maraîchères en France



- Une enquête conduite entre 2007 et 2010 (*Phytoma* Novembre 2010) :
- 40% des exploitations maraîchères du sud-est de la France sont touchées
- => inquiétude des producteurs suite à l'interdiction des nématicides chimiques

- Rotations culturales avec plantes résistantes :
méthode efficace et sans danger pour l'environnement



Variétés ou porte-greffes résistants

-> *attirer les nématodes et les bloquer*
(réaction d'hypersensibilité due à l'expression d'un gène de résistance)

Plante sensible (galles)

Plantes résistantes (pas de galle)



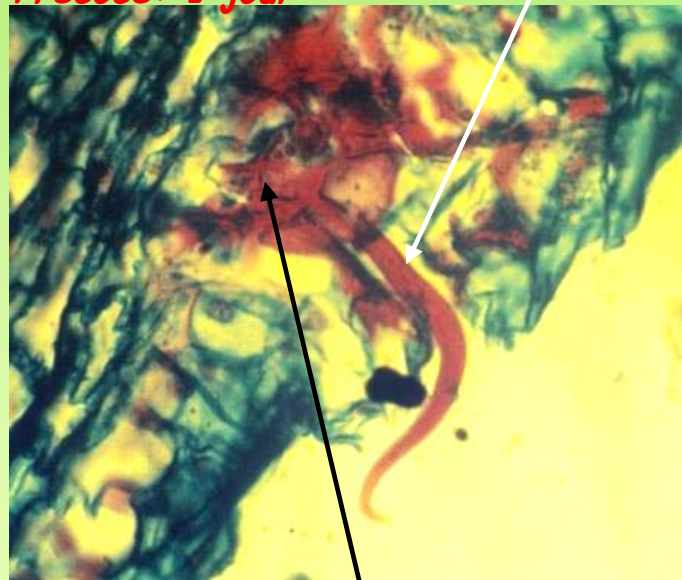
Nématode
stade femelle



20 jours

Cellules géantes polynucléées (site
nourricier indispensable au nématode)

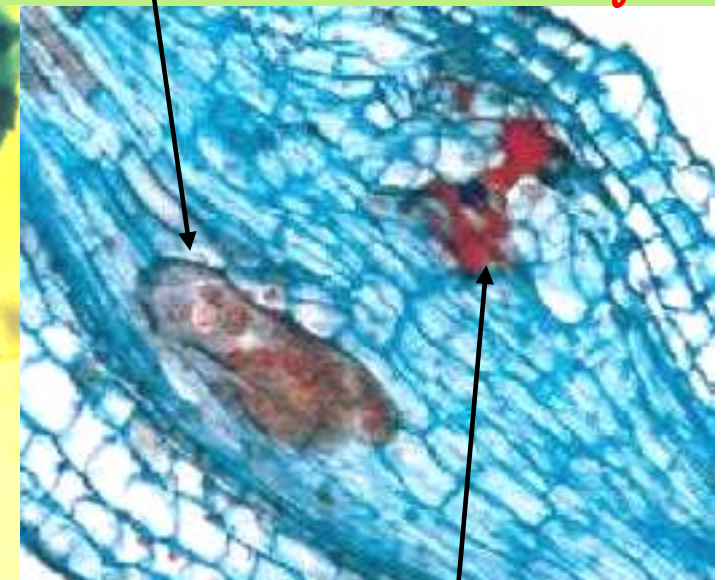
Précoce: 1 jour



Nématode
stade larvaire

Cellules nécrosées localisées autour du
nématode (réaction hypersensible HR,
bloque le nématode)

Cellules géantes
malformées



Tardif : 10 jours

Variétés ou porte-greffes résistants

Limites

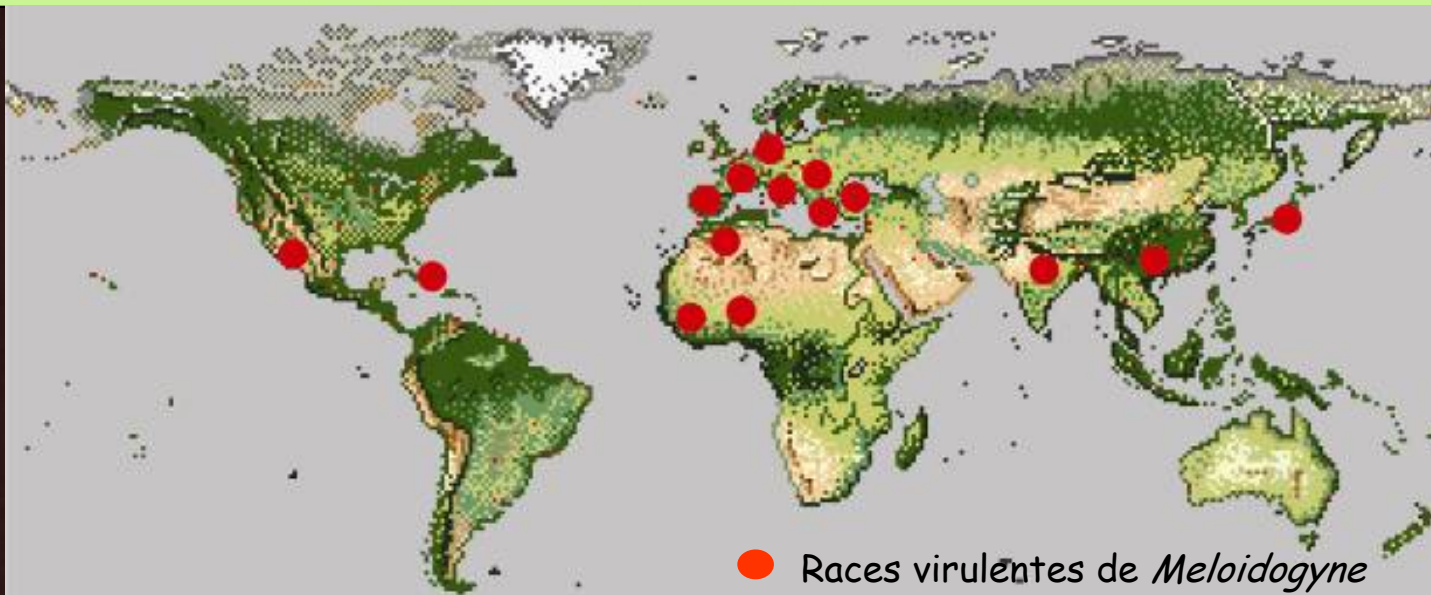
- ✓ R rares (peu de gènes connus) et création variétale longue (7 à 10 ans)
 - tomate (*Mi*), piment (*Me*), pomme de terre (*Rmc1*), carotte (*Mj*)
- ✓ Contournement possible des résistances
 - au laboratoire (fortes pression d'inoculum)
 - en condition naturelle:

Comment protéger
les gènes de R
et augmenter
la durabilité des R !

Mi-1 de la tomate: seul gène utilisé depuis les années 1950

Distribution mondiale des populations de *Meloidogyne* spp.
capables de contourner le gène de R *Mi* de la tomate

Tomate résistante
Mi-1



Projets DURANEM en cours

"Durabilité des résistances aux Nématodes"



Projet du ministère de l'agriculture 2007-2010
Comité Technique Permanent de la Sélection végétale



Thèse
2011-2014



7 sélectionneurs
privés de semences



Projet Européen réseau ENDURE 2008-2010
European network for durable exploitation of crop protection strategies

**Comparer les différentes résistances aux nématodes
chez la tomate et le piment/poivron**

➤ orienter les sélectionneurs dans la construction de nouveaux
PG ou variétés résistantes robustes et durables

Approche expérimentale :

Expérimentation biologique en conditions
contrôlées « pièces climatisées »

- choix du ou des gènes à introgresser
- évaluer l'effet variétal dans la durabilité de la R
- comparer la durabilité des lignées fixées homozygotes et des hybrides
- déterminer l'intérêt de la combinaison de 2 gènes de R



Projets DURANEM en cours

"Durabilité des résistances aux Nématodes"



Projet du réseau INRA PICLeg, 01/2009-12/2011



Projet ANR Systerra, 01/2009-12/2012



Projet Interreg
Alcotra, 01/2010-12/2012

Expérimenter en conditions contrôlées (serres) et en conditions naturelles (tunnels sous abri froid, plein champ) les plantes résistantes

- ➔ proposer aux agriculteurs de nouvelles méthodes capables de faire régresser les populations de nématodes et leur conseiller la meilleure façon de gérer les nouvelles R

Approche expérimentale :

Expérimentation biologique en conditions semi-contrôlées « serres INRA »

- temps nécessaire à l'amélioration sanitaire du sol (réduction des parasites sous leur seuil de nuisibilité) par la culture des variétés ou porte-greffes résistants (effet plantes « pièges »)

Expérimentation biologique en conditions naturelles « abri froid » en parcelle d'agriculteur

- stratégies de gestion des gènes (alternance ou combinaison dans le temps et l'espace) afin de promouvoir leur durabilité (limiter les risques de contournement)



Modèles maraichers étudiés : tomate, piment/poivron

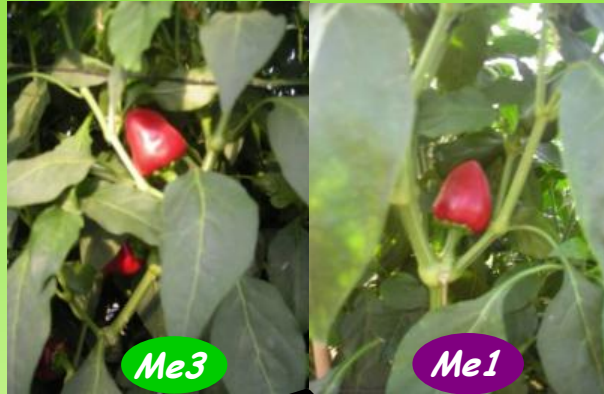
Gène *Mi-1* de *Solanum peruvianum*
dans la plupart des variétés cultivées
dominant, inactif à 30°C



Mi-1

M. incognita *M. javanica*
M. arenaria

Gènes *Me1* et *Me3* de *Capsicum annuum*
en cours d'introggression dans des variétés cultivées
dominants, stables à haute T°C



Me3

Me1

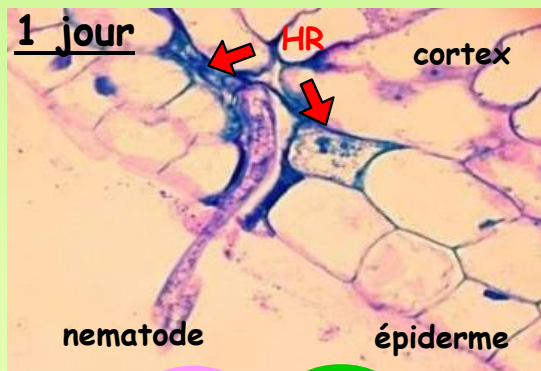
M. incognita *M. hapla*
M. arenaria *M. javanica*

Variétés de piment
en cours d'amélioration
très sensibles partiellement R



DLL

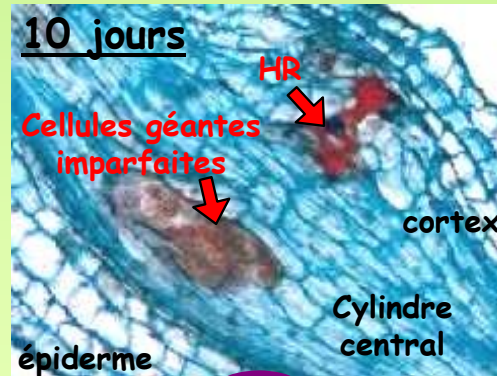
YW



Mi-1

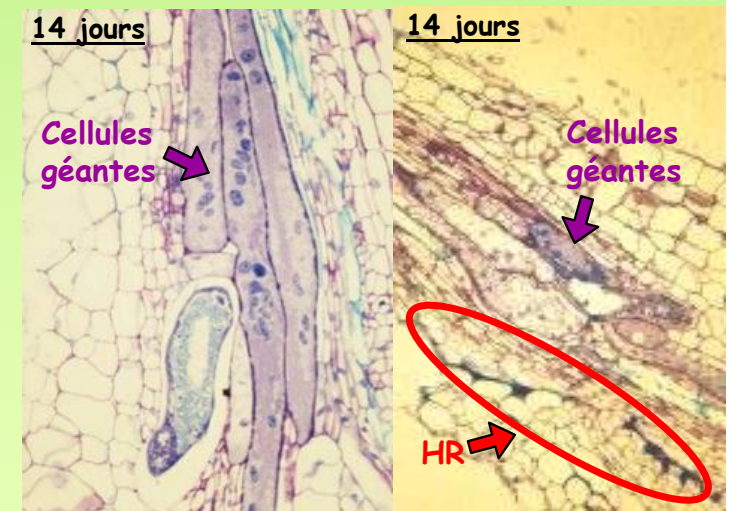
Me3

Gènes contournables



Me1

Gène à priori
non contournable



DLL

YW

Exemple d'une expérimentation en conditions naturelles « abri froid » en station expérimentale (CREAT CA06)



Comparaison des possibilités de contournement par des populations naturelles de nématodes de nouveaux génotypes de piment cumulant plusieurs gènes de R vs alternance de gènes dans les successions culturales vs semis en mélange

Tunnel 250m²

6 MODALITES

8 à 9 µparcelles/modalité

40 à 45 plants/modalité



en culture d'été:



Me1/Me1 Piment R homozygote



Me1/- Piment R hybride F1[RxS]



Me3/Me1 pyramidage



Me3/Me3 alternance **Me1/Me1**



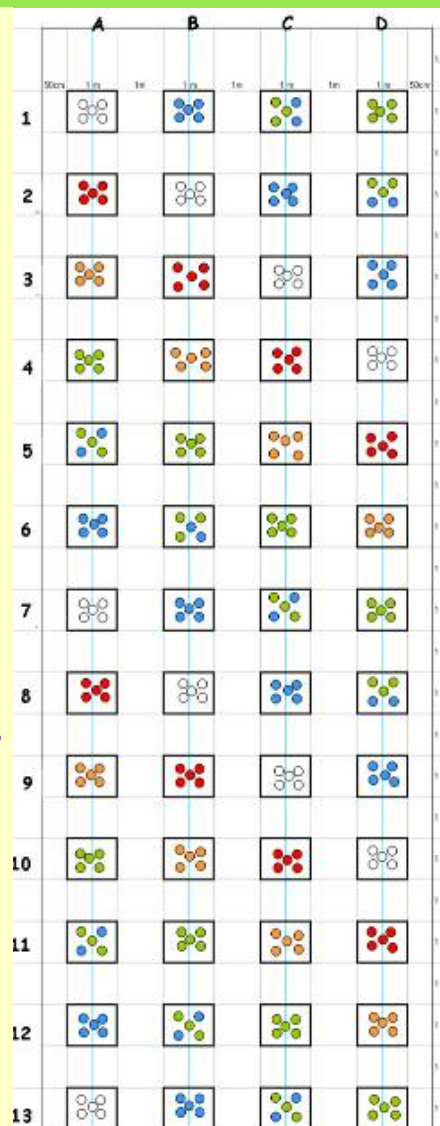
Me3/Me3 Me1/Me1 mélange



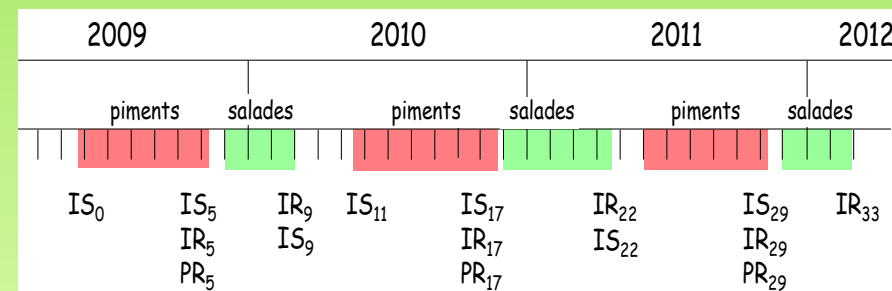
témoin S DLL



sensibles
en culture d'hiver



Mesures et notations



IS = taux d'infestation du sol
IR = taux d'infestation racinaire
PR = potentiel reproducteur des nématodes virulents (si détectés)



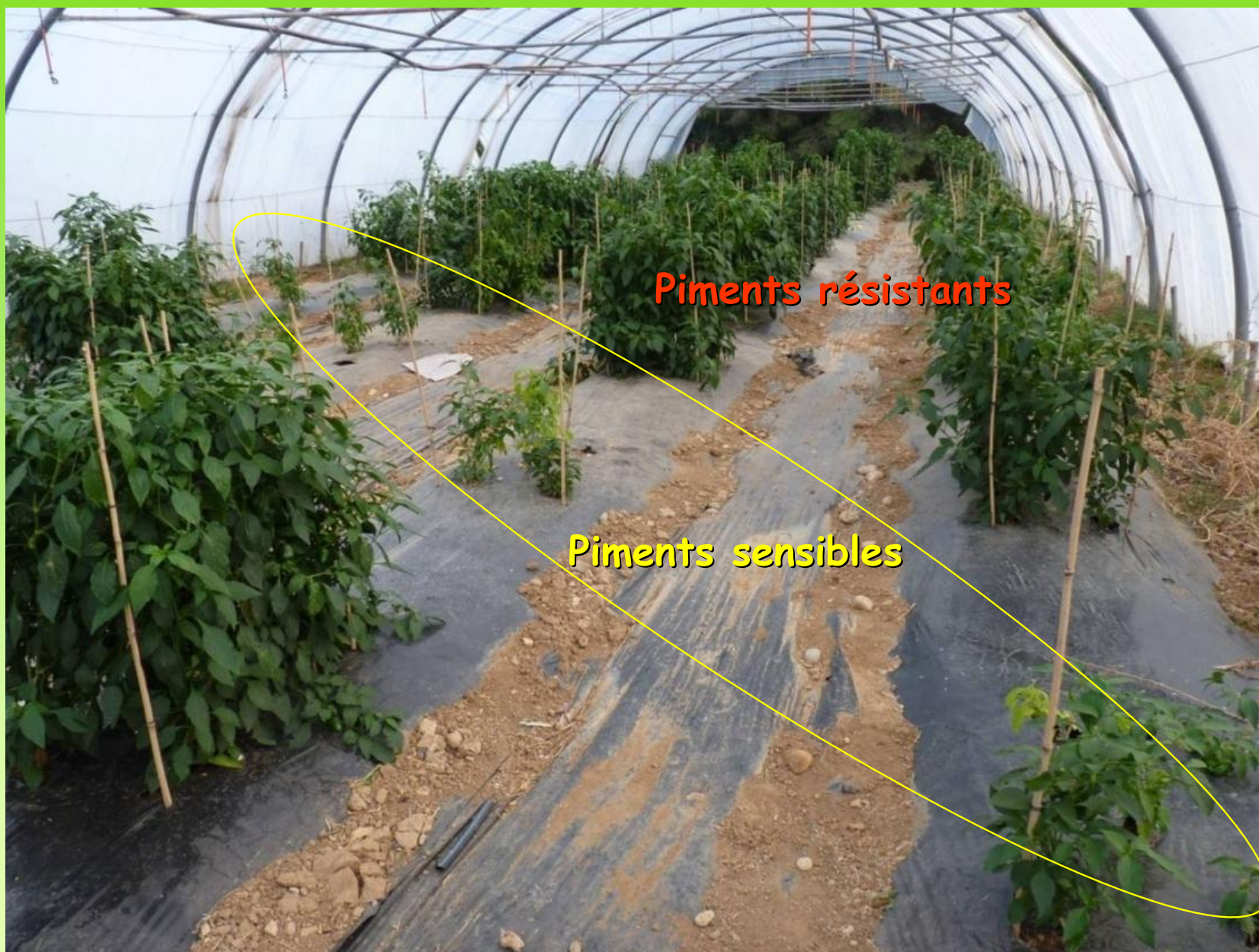
Exemple d'une expérimentation en conditions naturelles « abri froid » en station expérimentale (CREAT CA06)

Piments



Déroulement de l'expérimentation au cours des années 2009 & 2010

Exemple d'une expérimentation en conditions naturelles « abri froid » en station expérimentale (CREAT CA06)



Comportement des différentes lignées de piment sur parcelle très infestée
de la CA06 au 16/09/2010 (2^{ème} année)

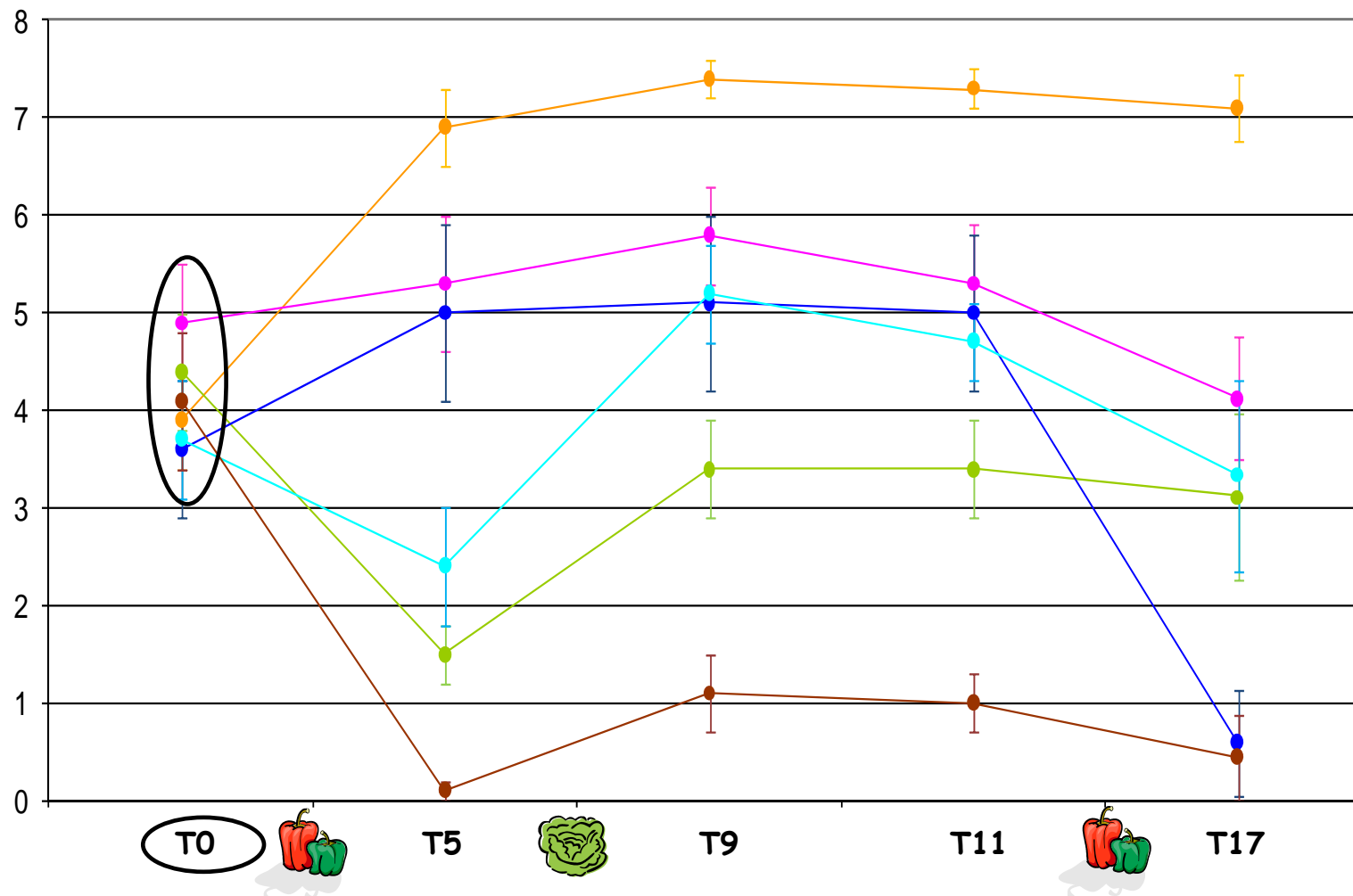
Exemple d'une expérimentation en conditions naturelles « abri froid » en station expérimentale (CREAT CA06)



Infestation du sol (IS) 8 à 9 répétitions

8 à 9 répétitions

Moyennes sur 8 à 9 μ parcelles des indices de galles (0 à 10) sur tomates sensibles inoculées avec 1 kg de sol/ μ parcelle (IC5%)



Infestation racinaire sur piments à T5 & T17

Moyennes des indices de galles (0 à 10) sur 40 à 45 plants

Piment sensible DLL : IR = 9

Hybride F1 (*Me1xDLL*) :
IR = 1,5
mais pas de pop virulente
PR = 0 (nb d'œufs/nb J2)

Piment HD149 (*Me3Me3*) :
IR = 1
et pop virulente obtenue
PR = 261

Piments en mélange
HD149+HD330 (*Me3Me3* +
Me1Me1) :
IR = 0,3 sur HD149

Piment HD330 (*Me1Me1*) :
IR = 0

Piment hybride pyramidé
(*Me3Me1*) : IR = 0

➔ Avants piments : IS élevé dans chaque microparcelle (4-5)

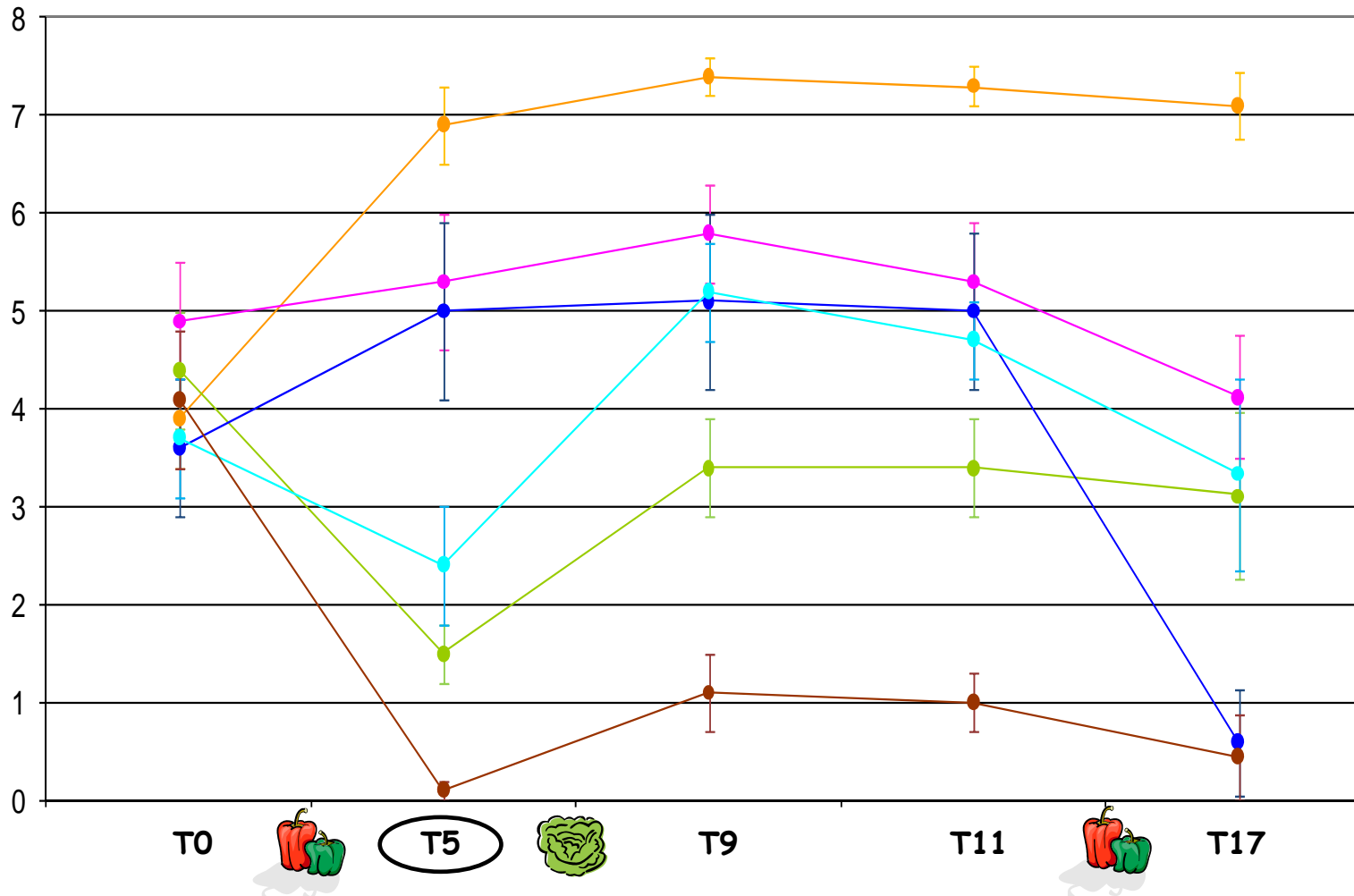
Exemple d'une expérimentation en conditions naturelles « abri froid » en station expérimentale (CREAT CA06)



Infestation du sol (IS) 8 à 9 répétitions

8 à 9 répétitions

Moyennes sur 8 à 9 μ parcelles des indices de galles (0 à 10) sur tomates sensibles inoculées avec 1 kg de sol/ μ parcelle (IC5%)



Infestation racinaire sur piments à T5 & T17

Moyennes des indices de galles (0 à 10) sur 40 à 45 plants

Piment sensible DLL : IR = 9

Hybride F1 (*Me1xDLL*) :
IR = 1,5
mais pas de pop virulente
PR = 0 (nb d'œufs/nb J2)

Piment HD149 (*Me3Me3*) :
IR = 1
et pop virulente obtenue
PR = 261

Piments en mélange
HD149+HD330 (*Me3Me3* +
Me1Me1) :
IR = 0,3 sur HD149

Piment HD330 (*Me1Me1*) :
IR = 0

Piment hybride pyramidé
(*Me3Me1*) : IR = 0

- Les piments S DLL augmentent fortement l'IS
- Les piments R *Me3Me3* + *Me1Me1* en mélange réduisent l'IS
- Les piments R *Me1Me1* et combinant *Me3Me1* réduisent très fortement l'IS

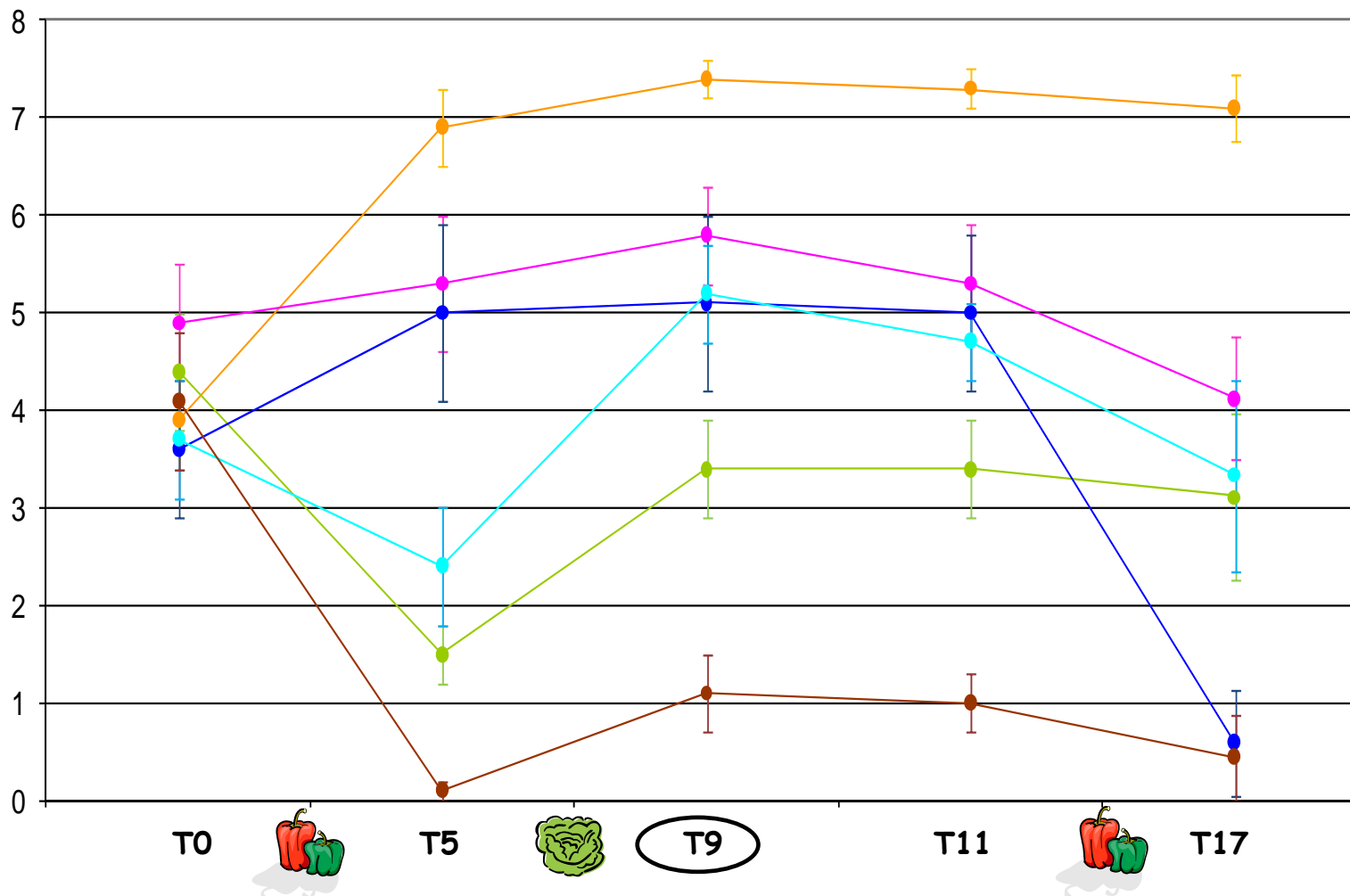
Exemple d'une expérimentation en conditions naturelles « abri froid » en station expérimentale (CREAT CA06)



Infestation du sol (IS)

8 à 9 répétitions

Moyennes sur 8 à 9 μ parcelles des indices de galles (0 à 10) sur tomates sensibles inoculées avec 1 kg de sol/ μ parcelle (IC5%)



Infestation racinaire sur piments à T5 & T17

Moyennes des indices de galles (0 à 10) sur 40 à 45 plants

Piment sensible DLL : IR = 9

Hybride F1 (*Me1xDLL*) :
IR = 1,5
mais pas de pop virulente
PR = 0 (nb d'œufs/nb J2)

Piment HD149 (*Me3Me3*) :
IR = 1
et pop virulente obtenue
PR = 261

Piments en mélange
HD149+HD330 (*Me3Me3* +
Me1Me1) :
IR = 0,3 sur HD149

Piment HD330 (*Me1Me1*) :
IR = 0

Piment hybride pyramidé
(*Me3Me1*) : IR = 0

➔ Les salades S multiplient les nématodes dans toutes les microparcelles

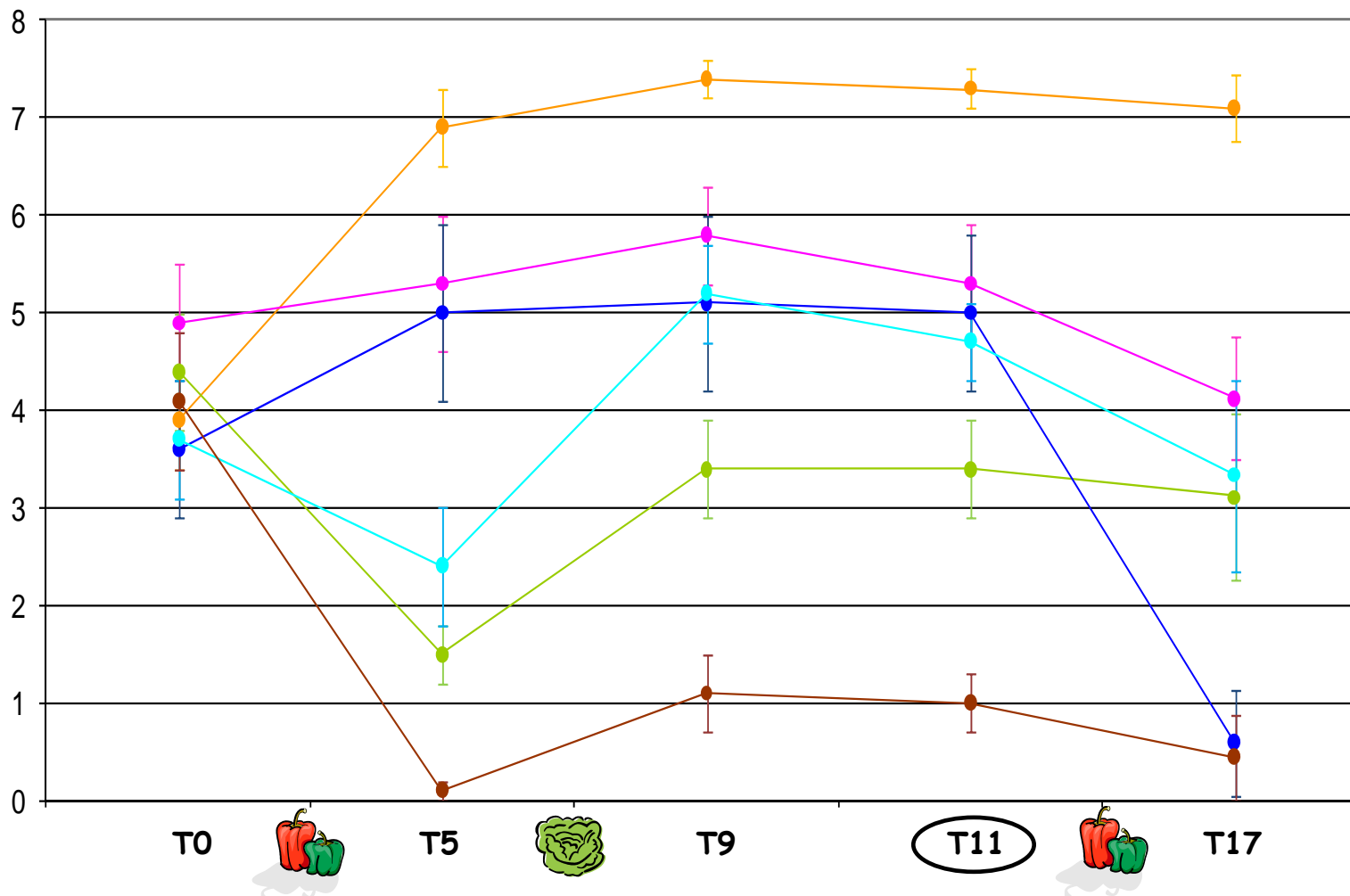
Exemple d'une expérimentation en conditions naturelles « abri froid » en station expérimentale (CREAT CA06)



Infestation du sol (IS)

8 à 9 répétitions

Moyennes sur 8 à 9 μ parcelles des indices de galles (0 à 10) sur tomates sensibles inoculées avec 1 kg de sol/ μ parcelle (IC5%)



Infestation racinaire sur piments à T5 & T17

Moyennes des indices de galles (0 à 10) sur 40 à 45 plants

Piment sensible DLL : IR = 9

Hybride F1 (*Me1xDLL*) :
IR = 1,5
mais pas de pop virulente
PR = 0 (nb d'œufs/nb J2)

Piment HD149 (*Me3Me3*) :
IR = 1
et pop virulente obtenue
PR = 261

Piments en mélange
HD149+HD330 (*Me3Me3* +
Me1Me1) :
IR = 0,3 sur HD149

Piment HD330 (*Me1Me1*) :
IR = 0

Piment hybride pyramidé
(*Me3Me1*) : IR = 0

➔ Après 2 mois de sol nu, pas d'évolution significatives des IS

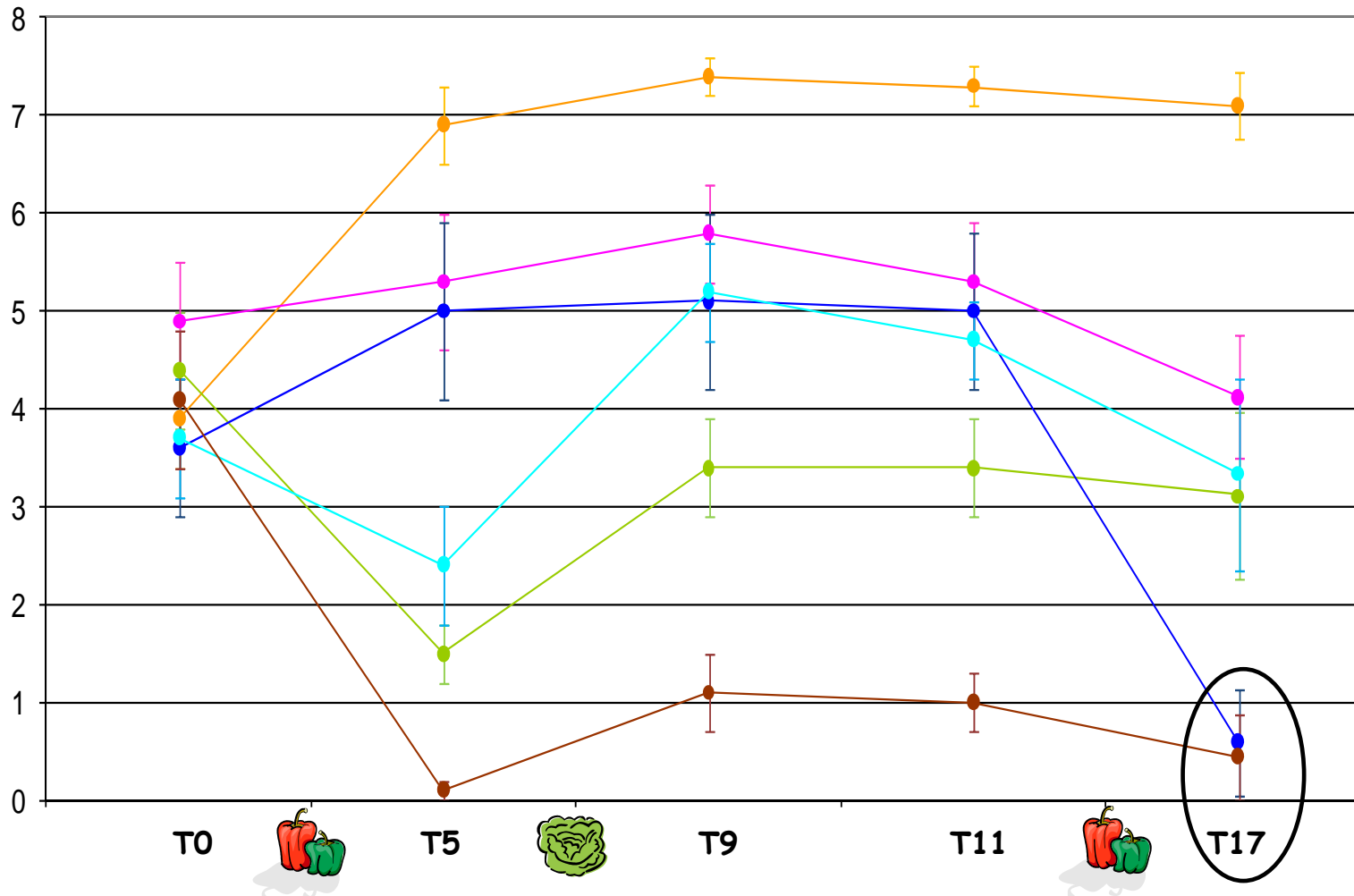
Exemple d'une expérimentation en conditions naturelles « abri froid » en station expérimentale (CREAT CA06)



Infestation du sol (IS)

8 à 9 répétitions

Moyennes sur 8 à 9 μ parcelles des indices de galles (0 à 10) sur tomates sensibles inoculées avec 1 kg de sol/ μ parcelle (IC5%)



Infestation racinaire sur piments à T5 & T17

Moyennes des indices de galles (0 à 10) sur 40 à 45 plants

Piment sensible DLL : IR = 9

Hybride F1 (*Me1xDLL*) :
IR = 1,5
mais pas de pop virulente
PR = 0 (nb d'œufs/nb J2)

Piment HD149 (*Me3Me3*) :
IR = 1
et pop virulente obtenue
PR = 261

Piments en mélange
HD149+HD330 (*Me3Me3* +
Me1Me1) :
IR = 0,3 sur HD149

Piment HD330 (*Me1Me1*) :
IR = 0

Piment hybride pyramidé
(*Me3Me1*) : IR = 0

➔ **Piments R combinant *Me3Me1* non contournés (résistance durable) et alternance *Me3* et *Me1* réduisent le plus significativement le taux d'infestation du sol = meilleures modalités comme plantes « pièges » résistantes**

Persectives

➔ **Projet « GEDUNEM »** Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable & intégrée des NEMatodes à galles dans les systèmes maraîchers sous abris

= **test de combinaisons de plantes R et de techniques culturales** (résistance variétale, successions d'espèces diversifiées, gestion de l'interculture, biofumigation, lutte biologique, prophylaxie)

Appel à projet



Labellisé 07/2011



Présenté au MP INRA-GISP-PRESUME



Expérimentations de combinaisons, choisies suite résultats projets Sysbiotel/Picleg, qui seront suivies sur 3-4 ans en station expérimentale (CA06/APREL) et chez des producteurs (CETA/GRAB)



S



biofumigation



R



S

- (1) diminution des populations de bioagresseurs à des niveaux économiquement tolérables
- (2) maintien durable de ces nouvelles situations (augmentation de la durabilité des R?)
- (3) Evaluation des systèmes de culture du point de vue agronomique
- (4) Etude socio-économique (viabilité des systèmes de culture)

Organisation et collaborations

✓ **INRA PACA, UMR IBSV, IPN (Sophia Antipolis)**



✓ **INRA PACA, UR GAFL (Avignon)**



✓ **INRA PACA, UR Ecodev (Avignon)**

enquêtes -> corrélations pratiques culturales / bioagresseurs tellur.



✓ **Chambre d'agriculture 06, APREL & CETA Aubagne**





Merci de votre attention

