

En complément du Hors Série InfosCtifl sur les Meloidogyne, un ensemble de fiches a été créé dans le but d'expliquer les méthodes de protection existantes contre les nématodes à galles et leur condition pratique d'utilisation. Ces fiches s'adressent tout particulièrement aux agriculteurs et conseillers agricoles soucieux de disposer de références actualisées sur les méthodes de lutte.

Fiche n°4 - L'utilisation raisonnée des résistances et des rotations

1. Contexte et définitions

En culture maraîchère sous-abri, les *Meloidogyne* sont les premiers ravageurs du sol à causer d'importants dégâts sur les cultures. L'apparition de galles racinaires empêche la plante de s'alimenter correctement, provoquant un dépérissement de celle-ci. Il existe des techniques de protection contre les nématodes à galles comme la protection biologique, la protection thermique, la protection variétale. **La gestion des résistances** est un moyen de protection contre les *Meloidogyne* qu'il est important de considérer au sein de l'itinéraire technique et des rotations culturales en systèmes maraîchers.

Le terme de résistance concerne exclusivement l'effet de la plante sur la reproduction du nématode (Figure 1): une plante complètement résistante ne permet aucune reproduction (on parle de **RT = résistance totale qualitative due à un gène majeur ou RH = résistance haute**) ; une plante sensible permet la multiplication du nématode ; les plantes partiellement résistantes entretiennent des taux de reproduction intermédiaires (on parle de **RI ou IR = résistance intermédiaire quantitative due à des gènes mineurs ou QTLs, pour 'quantitative trait loci'**).

Le terme de tolérance est limité à la description des préjudices (symptômes et dégâts) causés à l'hôte: une **plante tolérante subit peu de dégâts malgré une forte infestation**, alors qu'une plante non tolérante subit plus de dégâts. Les plantes tolérantes constituent un mauvais précédent cultural, car elles maintiennent voir amplifient les populations sans signe de dégât apparent.

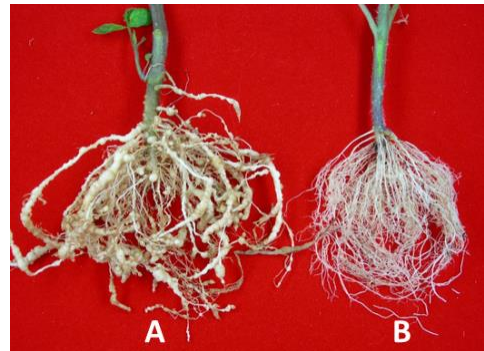


Figure 1 : Variété de tomate sensible (A) et résistante (B) aux nématodes à galles (photos INRA Sophia Antipolis)

2. Les gènes de résistance disponibles en maraîchage

Les premiers **gènes de résistance majeurs** (conférant une résistance totale) ont été mis en évidence il y a près de soixante ans, avec le cas certainement le plus connue de résistance d'une espèce sauvage proche de la tomate, *Solanum peruvianum*, portant le gène *Mi-1*. Ce gène a été introgressé depuis dans toutes les variétés et porte-greffes résistants de tomate, certains porte-greffes étant également utilisés pour l'aubergine. Concernant les cultures légumières, une quinzaine de gènes de résistance majeurs ont été mis en évidence pour **la carotte, le concombre, la tomate, la pomme de terre et le poivron** (Tableau 1); le projet 'LactuMel'¹ a identifié récemment des gènes de résistances chez **une laitue sauvage** (*Lactuca serriola*).

¹ Projet CASDAR LactuMel: Recherche de résistances aux nématodes à galles chez la laitue (2014-2016)

Tableau 1 : Exemple de gènes majeurs de résistance aux nématodes à galles déployés ou en cours de déploiement dans les cultures légumières.

Cultures	Gènes	Source	Espèces de nématodes
Carotte	<i>Mj-1</i>	<i>Daucus carota</i> (variété Brasilia)	<i>M. javanica</i>
Concombre	<i>mj</i>	<i>Cucumis sativus</i> var. <i>hardwickii</i>	<i>M. javanica</i>
Piment/poivron	<i>N</i>	<i>Capsicum frutescens</i> (variété 'Santanka XS')	<i>M. javanica</i> , <i>M. arenaria</i> , <i>M. incognita</i>
	<i>Me1, Me3, Me7</i> (stables à haute température)	<i>Capsicum annuum</i> (PI 201234, PI 322719, & lignée 'Criollo de Morelos')	<i>M. javanica</i> , <i>M. arenaria</i> , <i>M. incognita</i> , certaines populations de <i>M. hapla</i> , <i>M. incognita</i> souches contournant <i>Mi-1</i>
	<i>Mech1, Mech2</i>	<i>Capsicum annuum</i> (PI 201234 & lignée 'Criollo de Morelos')	<i>M. chitwoodi</i>
	<i>CaMi</i>	<i>Capsicum annuum</i> (lignée 'PR2015')	<i>M. incognita</i>
Pomme de terre	<i>R_{mc1}</i>	<i>Solanum bulbocastanum</i>	<i>M. chitwoodi</i> , <i>M. fallax</i> , certaines populations de <i>M. hapla</i>
	<i>MfaXII</i>	<i>Solanum sparsipilum</i>	<i>Meloidogyne fallax</i>
Tomate	<i>Mi-1,2</i> (inactif au-delà de 30°C)	<i>Solanum peruvianum</i>	<i>M. javanica</i> , <i>M. arenaria</i> race 1, <i>M. incognita</i>
	<i>Mi-3</i> (stable à haute température)	<i>Solanum peruvianum</i>	<i>M. javanica</i> , <i>M. arenaria</i> race 1, <i>M. incognita</i> souches contournant <i>Mi-1</i>
	<i>Mi-9</i> (homologue de <i>Mi-1</i> et stable à haute température)	<i>Solanum arcanum</i>	<i>M. incognita</i>

La découverte d'un gène majeur n'est souvent pas suffisante pour résoudre un problème de nématode et cela pour différentes raisons :

- Les résistances contre les nématodes à galles sont encore peu présentes pour les espèces maraîchères : outre les gènes de résistances *Mi-1* chez la tomate, également utilisé en porte-greffe aubergine ; et *N*, *Me1*, *Me3*, *Mech1* et *Mech2* chez le piment (étudiés pour leur robustesse et stabilité dans le cadre des projets DREAM², CTPS³ et Endure⁴), des résistances ont été mises en évidence sur carotte à *M. chitwoodi* et *M. hapla* ; sur melon greffé à *M. incognita* via les porte-greffe *Cucumis metuliferus*, sur pastèque à *M. incognita* issu de *Citrullus lanatus* var. *citroides*. Le projet LactuMel a permis de mettre en évidence des résistances partielles chez la laitue et un génotype de *Lactuca* sauvage (*L. serriola*) à résistance totale vis-à-vis de *M. incognita*, mais le développement de variétés commerciales n'est pas encore réalisé.

² Projet européen FP5 'DREAM' (Durable REsistance Against Meloidogyne) (2000-2004)

³ Projet national du CTPS (N° C06/03) 'Résistance nématodes chez le piment et la tomate' (2007-2010)

⁴ Projet européen FP6 du Réseau ENDURE 'RA4.2 - Exploitation of Plant Genetic Resistance' «European Network for the Durable Exploitation of crop protection strategies' (2008-2009)

- Les gènes de résistance ont des spectres d'action spécifiques : *Mi-1* chez la tomate, *N*, *Me1* et *Me3* chez le piment contrôlent *M. incognita*, *M. arenaria* et *M. javanica* mais pas *M. hapla*, *M. chitwoodii* ou *M. enterolobii*. Une identification spécifique précise des parasites présents s'avère donc indispensable avant tout déploiement d'une résistance au champ.
- L'espèce de nématode visée (*M. incognita*, *M. arenaria* par exemple) peut être éliminée et remplacée par une espèce voisine non affectée par le type de résistance introduit (*M. hapla*), ou par une espèce éloignée considérée alors comme espèce mineure (*Pratylenchus*, *Rotylenchulus* ou *Tylenchorhynchus* par exemple).
- Certains gènes de résistance, tel que le gène *Mi-1* de la tomate, perdent leur efficacité lorsque la température du sol dépasse les 30°C, ce qui limite leur utilisation en été dans les zones méditerranéennes. A contrario, les gènes *Me1* et *Me3* du piment d'autres gènes ne sont pas affectés par des températures élevées.
- L'utilisation répétée de la même résistance chaque année (variétés ou porte-greffes de tomates résistantes par exemple) en cas de forte infestation entraîne l'apparition et l'extension de populations de *Meloidogyne* virulentes (qui se multiplient sur plantes résistantes) vis-à-vis du gène *Mi-1* risquant de réduire significativement la durée d'exploitation des variétés résistantes commercialisées. Les projets 'Néoleg'⁵, 'Sysbiotel'⁶, et 'Valort'⁷ ont porté sur l'étude de la gestion des résistances au champ et ont montré **l'importance cruciale d'alterner les résistances**, ou bien d'éviter les successions de la même résistance chaque année. Il a également démontré **l'intérêt du "pyramiding" de 2 gènes dans un même cultivar**, les plants n'étant alors jamais infestés même dans les parcelles montrant de très forts niveaux de populations.

Le phénomène de contournement a été signalé en France dans le Sud-Est dès le début des années 1980 et est en recrudescence dans les régions à climat méditerranéen par l'utilisation intensive et généralisée de plants de tomates greffés qui sélectionne et multiplie les populations virulentes.

A noter que certains gènes de résistance sont stables à haute température, contrôlent de très large spectre d'espèces de nématodes et même des populations virulentes contournant d'autres gènes de résistance : c'est le cas des **gènes *Me* du piment**, particulièrement étudiés ces dernières années par l'INRA (projets DREAM, CTPS et Endure), et utilisés dans les programmes d'étude de gestion durable des problèmes de nématodes à galles. Dans le cadre des projets ANR 'Sysbiotel' et PIClég 'Neoleg2', le **'pyramidage' de 2 gènes majeurs à mécanismes d'action différents** (résistance précoce pour le gène *Me3*, résistance tardive pour le gène *Me1*) dans un même cultivar, a montré son intérêt sur le terrain (Figure 2), non seulement pour éviter tout contournement de résistance et même contrôler des populations virulentes pour les gènes *Mi-1* et *Me3*, mais également pour piéger les nématodes dans le sol et assainir ainsi les sols (Djian-Caporalino et al., 2013). Ce piment pyramidant les 2 gènes complémentaires pourrait donc être utilisé comme porte-greffe résistant ou comme plante-piège en interculture.



Figure 2 : Expérimentation sous abri froid sur une parcelle du CREAT de la Baronne (CA06). Des poivrons sensibles 'S' (variété « Doux long des Landes ») et résistants 'R' (porteurs du gène *Me1* ou *Me3* ou *Me1/Me3* 'pyramidés') ont été mis en place dans un tunnel fortement infesté par *Meloidogyne incognita* après une culture de salades sensibles. Trois mois après le repiquage, des différences très importantes de croissance sont observées entre les génotypes sensibles et résistants (photo INRA Sophia Antipolis).

⁵ Contrat National du GIS PIClég 'Neoleg2' (2008-2012)

⁶ Contrat ANR 'Sysbiotel - Gestion intégrée des bioagresseurs telluriques en systèmes de culture légumiers' (2009-2013)

⁷ Projet transfrontalier Interreg Alcotra 'Valort' (2010-2012)

A côté de ces gènes majeurs, il existe des **résistances polygéniques** faisant intervenir plusieurs gènes, mais qui aboutissent le plus souvent à une moindre sensibilité et non une résistance totale ; par contre ces résistances sont beaucoup plus difficilement contournées par des populations virulentes. Ce type de résistances quantitatives ont été mises en évidence vis-à-vis de *M. javanica*, *M. arenaria*, et *M. incognita* chez le **piment** *Capsicum annuum* 'YoloWonder' et l'**aubergine sauvage** *Solanum torvum* (un porte-greffe est commercialisé en France) ; vis-à-vis de *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. incognita* et *M. hapla* chez le **concombre cornu d'Afrique** (melon à corne, métulon, melano, ou Kiwano) *Cucumis metuliferus* (un porte-greffe de melon est commercialisé en France contre *M. incognita*) ; vis-à-vis de *M. incognita* chez la **pastèque à confiture** (gigérine, citre, courge barbarine) *Citrullus lanatus* var. *citroides*. Le projet 'LactuMel' a permis de mettre en évidence 13 génotypes de **laitue** à résistance partielle (1 laitue beurre, 1 romaine, 4 batavia, 7 variétés tiges à couper).

Une thèse réalisée à l'INRA⁸ a démontré aux sélectionneurs de semences l'intérêt de **combiner ces résistances partielles (quantitatives) aux gènes majeurs** pour renforcer leur efficacité et leur durabilité. A l'inverse, l'introgression d'un gène majeur dans un fond génétique très sensible réduit l'efficacité et la durabilité des résistances; ceci peut expliquer le fait que des variétés commercialisées possédant des gènes majeurs de résistance (*Mi-1* par exemple) ne sont pas données RT mais RI.

La mise sur le marché d'une nouvelle variété résistante nécessite au moins 20 ans, comprenant les premières phases de recherches, l'identification de pistes potentiellement intéressantes, la validation de l'efficacité d'une technique et son application en plein champ. Il est à espérer que les **résistances « pyramidées », combinant 2 gènes majeurs ou un gène majeur et des résistances partielles** soient rapidement commercialisées en France par les sélectionneurs de semences.

3. Mode Opérateur pour l'utilisation de plantes résistantes en cultures maraîchères sous-abri

L'utilisation des résistances peut se faire 1/ soit directement au travers de **variétés** spécialement sélectionnées, 2/ soit par le greffage en utilisant ces plantes résistantes comme **porte-greffes** de variétés sensibles, pour les cultures compatibles au greffage, ou 3/ soit par leur utilisation en **interculture comme plantes-pièges**.

Comme **variétés potagères et porte-greffes résistants commercialisés en France**, on trouve seulement :

- des tomates portant le gène *Mi-1* : **porte-greffes tomate et aubergine** type hybride F1 KNVFFr (Protector & Defensor de HM Clause, Aligator & Brigéor de Gautier Semences, Groundforce & Auroch de Sakata, Maxifort de Graines Baumaux, Beaufort de EnGraineToi, Fortamino de Ducrettet, etc) ; **diverses variétés** cerises, cocktail, allongées, côtelées, rondes, toutes indiquées RI pour Ma (*M. arenaria*), Mi (*M. incognita*), Mj (*M. javanica*) ;
- un **porte-greffe** Vilmorin **spécifique aubergine** issu de *Solanum torvum* ;
- des **porte-greffes poivron** (les gènes de résistance ne sont pas indiqués): Snooker F1 & Robusto de Syngenta Seeds, Brutus HF1 de Gautier Semences, Antinema de Sakata, Ultron F1 de Clause.
- Pour l'utilisation de cultures résistantes en **interculture comme plantes-pièges**, le piment "pyramidant" les 2 gènes *Me1* et *Me3* dans un même cultivar avait révélé un fort potentiel d'assainissement du sol lors de sa culture (pendant 5 mois par an) dès la première année, dans le cadre des projets 'Sysbiotel' et 'Neoleg2' (Figure 3).

⁸ Thèse CIFRE, A. Barbary, Université Nice Sophia Antipolis, 2014 : « Bases génétiques de la résistance vis-à-vis des nématodes du genre *Meloidogyne* chez le piment ». <https://prodinra.inra.fr/record/280252>

Nombre de larves de nématodes infestantes/ kg de sol

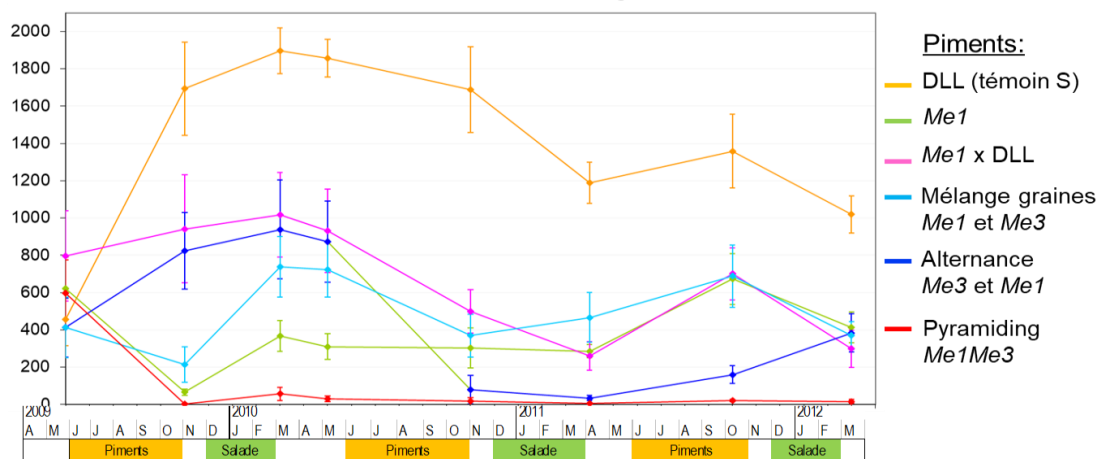


Figure 3 : Sur le site du CREAT de la Baronne (CA06), effet de différentes modalités d'utilisation de piments résistants sur la cinétique des populations de *Meloidogyne* ; comparaison avec un témoin poivron sensible Doux Long des Landes (DLL) (moyennes de 8 répétitions \pm erreur standard).

Un prototype de système de culture utilisant ce piment résistant en culture intercalaire pendant 1 à 2 mois en été puis enfouissement, en comparaison avec un sorgho classiquement utilisé, a été étudié dans le cadre du projet 'Gedunem'⁹ (2012-2016). Sur le site INRA d'Alénia, ce piment a montré un bon potentiel de colonisation du sol par les racines (pour une densité de plantation du piment de 9 à 12 plants.m⁻²) même après une culture courte, ce qui permet le piégeage des larves de nématodes qui sont peu mobiles. Sa production de biomasse aérienne était équivalente à celle du sorgho, même si son effet sur la structure du sol était moins satisfaisant : ce piment pourrait donc être utilisé pour enrichir le sol en matière organique. Sur le site de Six-Fours, partant d'une infestation moyenne en *Meloidogyne*, le prototype a permis près de 99% de réduction des populations du nématode, comme le sorgho 'Piper' témoin (Figure 4).

Nombre de larves de nématodes infestantes/ kg de sol

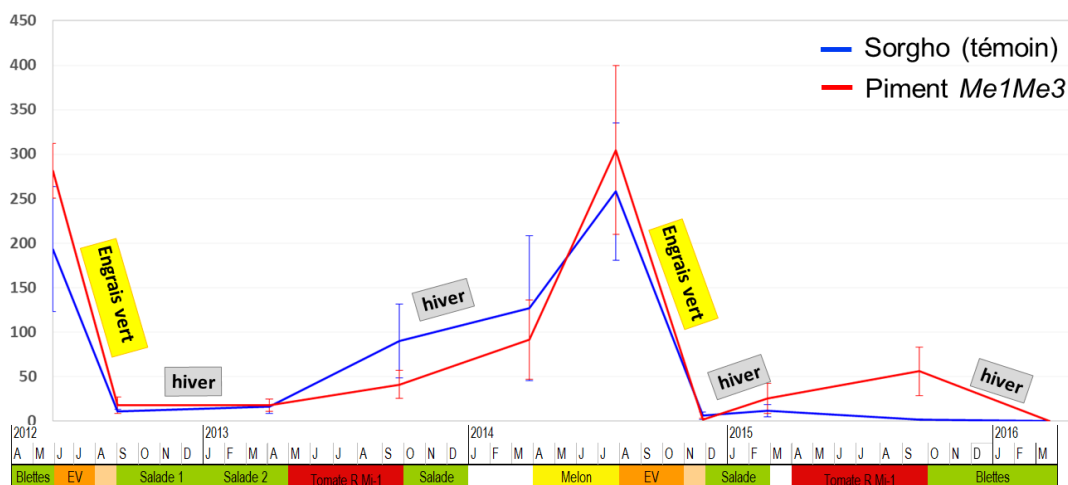


Figure 4 : Sur le site de Six-Fours, effet de l'interculture du piment-piège combinant 2 gènes de résistance en engrais vert (EV) sur la cinétique des populations de *Meloidogyne* ; comparaison avec l'interculture d'un sorgho (moyennes de 8 répétitions \pm erreur standard).

Les cultures d'été de tomates résistantes ont été protégées par cette réduction du taux d'infestation du sol. Les cultures d'hiver (salades ou blettes) ont été très peu attaquées (Djian-Caporalino et al.,

⁹ Projet Gedunem: Innovations techniques et variétales pour la gestion durable et intégrée des nématodes à galle dans les systèmes de culture légumiers sous abri (2012-2016). INRA – Méta-programme SMaCH (Sustainable Management of Crop Health).

2018). Ce piment *Me1Me3* ouvre donc des **perspectives d'innovation intéressantes pour le contrôle des nématodes à galles**. Des améliorations doivent encore être réalisées : diminuer la densité de culture et faire un semis direct afin de minimiser les coûts ; adapter l'itinéraire technique pour optimiser l'exploration racinaire; sélectionner des lignées fixées homozygotes *Me1/Me3* pour réduire le coût de production des semences, qui ne sont donc actuellement pas disponibles.

Dans la même perspective que le « piment piège », les travaux de recherche sur laitue réalisés durant le projet 'LactuMel' (2014-2016) ont mis en évidence des géniteurs sauvages résistants aux nématodes à galles et pouvant piéger les nématodes dans les racines (présence de galles mais pas de pontes). Il faudrait pouvoir vérifier l'efficacité de ces géniteurs en sol agricole. Si les sélectionneurs de semences souhaitent s'investir dans cette recherche et fournir les semences pour les essais terrains, le prochain projet régional GoNem (2018-2021) pourrait intégrer cette méthode en système sous-abri auprès de producteurs volontaires.

Dans tous les cas (utilisation de variétés, porte-greffes, engrais verts pièges), pour éviter les contournements de résistance, il est crucial d'**élaborer des stratégies de gestion des gènes disponibles** dans un objectif de résistance durable. Plusieurs projets ont déjà montrés, en conditions contrôlées et sur le terrain, l'importance cruciale de **l'alternance des gènes de résistance dans les rotations** (Figure 3) testée dans le cadre des projets 'Néoleg' et 'Sysbiotel' : ainsi, des poivrons *Me3* (variétés ou porte-greffes) doivent être alternés avec des poivrons *Me1* pour éviter le développement de populations virulentes (Castagnone-Sereno et Djian-Caporalino, 2011 ; Djian-Caporalino et al., 2013); **une tomate résistante ne doit pas être employée chaque année** car le même gène de résistance *Mi-1* est dans toutes les variétés ou porte-greffes commercialisés ; **pour l'aubergine, on peut alterner des porte-greffes tomate avec des porte-greffes *Solanum torvum*** ; pour les exploitations diversifiées, **on peut alterner tomates et poivrons résistants, aubergines sur *S. torvum*, ou encore melons sur porte-greffe courge**.

Pour une exploitation spécialisée tomate, ne pouvant alterner avec d'autres cultures, **l'alternance de plantes résistantes et sensibles** permettrait également de minimiser les risques de contournement. Modélisée sur le long terme dans le cadre d'une Thèse de Doctorat 2016-2018¹⁰, la stratégie optimale de rotation serait, par exemple pour 10 ans de culture, 3 saisons de plantes sensibles après chaque saison de plantes résistantes (Figure 5). Cette stratégie qui vise à contre-sélectionner des populations virulentes apparues après culture de plantes résistantes, pourrait être validée sur le terrain dans le cadre du projet régional 'GoNem'.

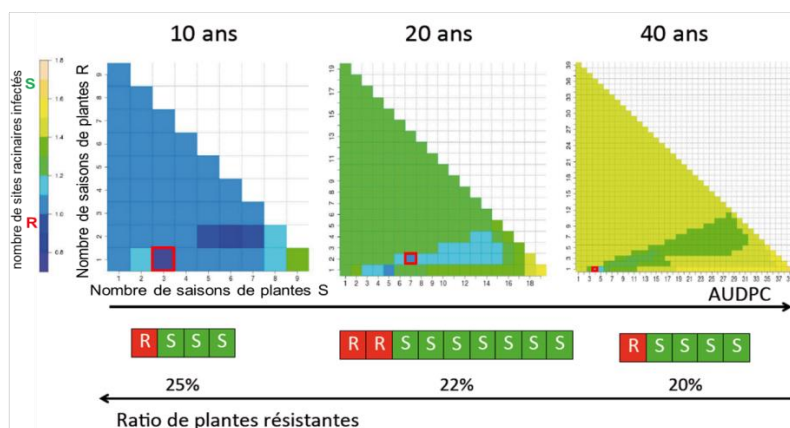


Figure 5 : Représentation de l'évolution de l'infection au cours du temps (AUDPC) pour l'ensemble des stratégies d'alternance périodique possibles sur 10, 20, ou 30 ans. En abscisse, le nombre de saisons de plantes sensibles (S) et en ordonnée le nombre de saisons de plantes résistantes (R). La stratégie encadrée en rouge correspond à la stratégie optimale permettant le minimum de sites racinaires infectés par des nématodes virulents et avirulents (D'après S. Nilusmas, 2018).

¹⁰ Thèse INRA-Région PACA, S. Nilusmas, Université Nice Sophia Antipolis, 2018 : « Gestion durable des nématodes à galles en cultures maraîchères : modélisation et optimisation du déploiement »

Le projet « Gedunem » a également démontré l'importance cruciale de **l'introduction de mesures alternatives complémentaires de protection pour diminuer les pressions d'inoculum dans le sol** (solarisation en été une année sur deux, interculture de sorghos en engrais verts, rotation avec une plante mauvais hôte ou éradiquante type mâche, roquette, certaines variétés de moutarde ou radis fourrager, par exemple) **avant l'utilisation de plantes résistantes**, permettant ainsi de **préserver les gènes de résistance, rares et donc précieux, sur le long terme** (Djian-Caporalino et al., 2018).

Un exemple est donné avec l'utilisation d'engrais verts sorgho (classique « Piper » ou riche en dhurrine « Biofumigant ») dans la Figure 6 : enfouei pendant 1 mois après 3-4 semaines de culture (avant la fin du cycle du nématode), un sorgho mauvais-hôte permet de réduire suffisamment les populations de nématodes dans le sol pour « protéger » les cultures résistantes d'été (tomates ou poivrons) soumises généralement à de très fortes pressions d'inoculum et donc contournées par des populations virulentes (Goillon et al., 2016). Il est à noter que les sorghos sont en général mauvais-hôtes des nématodes à galles, mais peuvent néanmoins les multiplier s'ils sont cultivés plus de 4 semaines en été. Seule la variété Jumbo Star s'est révélée non-hôte de *Meloidogyne incognita*.

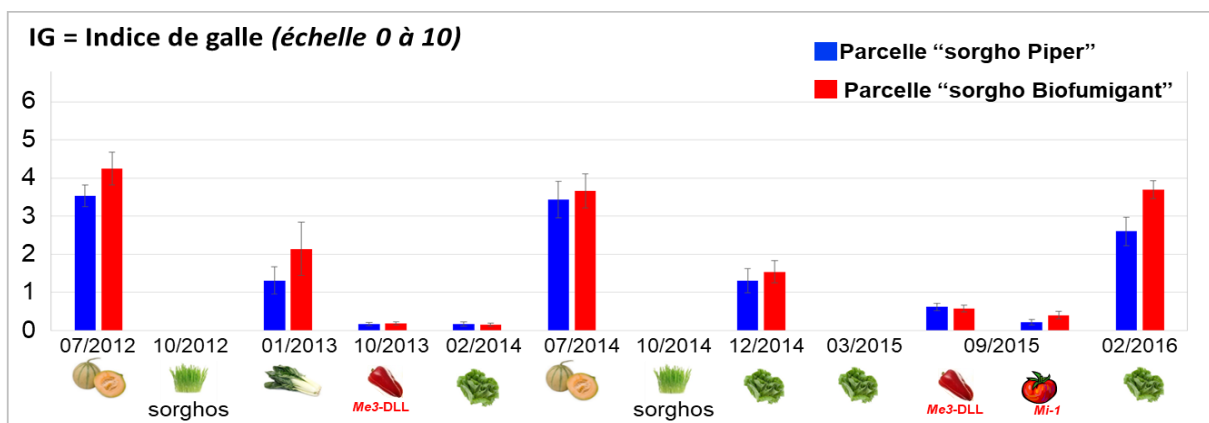


Figure 6 : Evolution des indices de galles (IG) observés sur les cultures du système Gedunem « engrais vert d'été une année sur 2 » (sorgho Piper avec durée de culture courte ou sorgho à haute teneur en dhurrine) à Lambesc (moyennes de 36 répétitions \pm erreur standard). Poivrons Me3-DLL = diverses variétés de poivrons doux greffés sur porte-greffe résistant portant le gène Me3 dans le fond génétique DLL (Doux Long des Landes) ; Tomates Mi-1.

4. Points clés pour l'utilisation de plantes résistantes

Toute technique avec son mode d'action spécifique doit être mise en œuvre en fonction d'un mode d'emploi très précis, sinon l'effet escompté pourrait être opposé.

Ainsi, tant que des variétés ou porte-greffes résistants « pyramidés » non contournables ne sont pas commercialisés, **il est important de diversifier les techniques de protection** et en cas de forte pression parasitaire, de **diminuer le taux d'infestation dans le sol** par des techniques alternatives avant d'utiliser une plante résistante pour éviter le contournement du gène et voir apparaître des populations de *Meloidogyne* virulentes.

Une fois la population virulente apparue, elle sera sélectionnée et multipliée en cas d'utilisation du même gène de résistance. **Les mêmes plantes résistantes ne doivent donc pas être cultivées deux ou trois années consécutives.** Après l'utilisation d'une plante résistante donnée (variété ou porte-greffe), il faudrait donc **soit cultiver si possible une autre plante résistante** (autre gène pour alterner les résistances), **soit diversifier les cultures** (alterner plantes résistantes et sensibles, plantes mauvais-hôtes ou éradiquantes) pour contre-sélectionner la population virulente.

Pour en savoir plus

Castagnone-Sereno P., Djian-Caporalino C. (2011). Lutte contre les nématodes à galles en cultures maraîchères : des recherches pour promouvoir la durabilité des résistances variétales. *Innovations Agronomiques* 15, 55-64.

Djian-Caporalino C., Palloix A., Fazari A., Marteu N., Sage-Palloix A.M., Mateille T., Tavoillot J., Martiny B., Risso S., Lanza R., Taussig C., Castagnone-Sereno P. (2013). Evaluation expérimentale de stratégies de déploiement de gènes de résistance pour la gestion durable des nématodes à galles. *Innovations Agronomiques* 28, 187-199

Djian-Caporalino C., Navarrete M., Fazari A., Marteu N., Baily-Bechet M., Dufils A., Tchamitchian M., Lefèvre A., Pares L., Mateille T., Tavoillot J., Palloix A., Sage-Palloix A.M., Védie H., Goillon C., Castagnone-Sereno P. (2018). Conception et évaluation de systèmes de culture maraîchers méditerranéens innovants pour gérer les nématodes à galles. *BASE (Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement)*, sous presse.

Goillon C., Mateille T., Tavoillot J., Marteu N., Fazari A., Djian-Caporalino C. (2016). Utiliser le sorgho pour lutter contre les nématodes à galles. *Phytoma La défense des végétaux*, n° 698, Novembre 2016, 39-44.

Fiche rédigée par le groupe de travail « Les nématodes à galles *Meloidogyne* spp» Hors-Série InfosCtifl, 2018.

Contact : caroline.caporalino@inra.fr