

DOSSIER SPECIAL MBI n°73

Des plantes moins sensibles à insérer dans les rotations pour diminuer les populations de nématodes à galles : résultats des essais du GRAB en zone méditerranéenne

Hélène VEDIE

Les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) sont des ravageurs telluriques très polyphages particulièrement préoccupants pour les cultures maraîchères. Sur les exploitations dont le système de culture est basé sur la production d'espèces de la famille des Solanacées (tomates, aubergines...) et/ou Cucurbitacées (melon, concombre, courgette) l'été et de salades l'hiver, qui sont des plantes particulièrement sensibles, on observe des populations très élevées avec un impact croissant sur le niveau des rendements. D'après une récente étude menée par l'INRA (1), le nombre d'exploitations touchées par les nématodes à galles est en forte croissance dans le Sud-Est de la France, notamment en agriculture conventionnelle où les possibilités de désinfection chimique sont dorénavant plus limitées, mais également en maraîchage biologique où les moyens de lutte sont peu nombreux.

Parmi les moyens de contrôle disponibles en maraîchage biologique, ceux qui ne remettent pas en question un système de culture axé sur les plantes les plus sensibles ont montré leur limites : les antagonistes naturels n'ont pas encore réellement fait leurs preuves, les désinfections thermiques (vapeur, solarisation) sont efficaces mais elles ne sont pas sélectives et nécessitent d'être répétées, et l'utilisation de produits tels que les tourteaux et amendements organiques ont une efficacité très partielle. Même si l'association de ces différentes techniques améliore les résultats, ils restent insuffisants sur des sites très infestés (2). Il est donc indispensable de remettre en question les pratiques culturales pour lutter durablement contre les nématodes à galles en maraîchage biologique. Une meilleure gestion des rotations introduisant des plantes de coupure, peu ou pas sensibles aux *Meloidogyne* spp., est sans doute une stratégie incontournable pour améliorer l'état sanitaire du sol.

Quelles stratégies pour intégrer des plantes de coupure dans les rotations

L'insertion de plantes de coupure dans la rotation peut se faire en interculture avec implantation d'engrais verts, ou en culture commerciale avec des plantes moins sensibles :

- en engrais verts lors des intercultures : Un certain nombre d'engrais verts peuvent être utilisés. C'est par exemple le cas des plantes de la famille des Poacées (graminées), qui ne sont pas cultivées en maraîchage et permettent donc une véritable rupture dans le cycle des pathogènes les plus répandus. Parmi elles, le sorgho fourrager est intéressant car il est très bien adapté aux conditions climatiques estivales de notre région, même sous abri, et qu'il permet une souplesse de durée de l'interculture par des coupes successives. Les observations sur différents sites infestés par les nématodes à galles montrent qu'il est, si ce n'est résistant, au moins mauvais hôte de ce ravageur (aucune galle). De plus, le sorgho fourrager, et plus particulièrement de nouvelles variétés hybrides, pourrait également avoir un effet assainissant avec la libération de composés toxiques (acide cyanhydrique) lors de sa décomposition. D'autres plantes, de la famille des Brassicacées notamment, pourraient se révéler intéressantes avec le développement de variétés résistantes aux nématodes, mais ces plantes sont plus adaptées à des semis de printemps ou de fin d'été, et ont l'inconvénient de maintenir un certain nombre de maladies et ravageurs des cultures (altises, punaises...).

Les essais conduits jusqu'à présent montrent cependant que les effets de ces plantes utilisées en interculture sont de relativement courte durée. On ne peut donc pas espérer agir de façon notable sur le niveau d'infestation des parcelles si les plantes les plus sensibles restent cultivées majoritairement sur la parcelle.

- en utilisant des variétés ou porte-greffes résistants : Les variétés ou porte-greffes résistants sont des variétés d'une espèce normalement sensible aux nématodes, qui vont attirer les nématodes des couches profondes grâce à leurs exsudats racinaires, puis les bloquer à l'intérieur de la racine par une réaction d'hypersensibilité (3). Ces plantes permettent donc d'une part d'avoir des cultures saines et productives, et d'autre part de réduire les populations de nématodes.

Aujourd'hui, la résistance n'est cependant disponible que pour les Solanacées. Elle repose sur l'utilisation d'un même gène de résistance, le gène Mi-1, depuis 60 ans. Ce gène ne confère pas de résistance à toutes les espèces de nématodes (pas de résistance à *M. hapla*), et on observe également de plus en plus de contournements par l'apparition de populations de nématodes virulentes. Ainsi, lors d'enquêtes réalisées par le GRAB en 2008 (4), 30% des producteurs interrogés disent observer des dégâts sur les cultures de tomates et aubergines résistantes ou greffées.



Plants francs (morts) au milieu de tomates greffées (Photo GRAB)

Des travaux conduits à l'INRA (3) devraient permettre de développer les ressources en plantes résistantes dotées de gènes de résistance plus robustes, mais leur introgression dans des variétés commerciales demandera encore un certain nombre d'années.

Il est donc nécessaire de disposer d'autres possibilités de plantes de coupure dans la rotation.

- en insérant des plantes peu ou pas hôtes dans les rotations culturales : Des enquêtes réalisées par le GRAB auprès de producteurs en maraîchage biologique confrontés aux problèmes de nématodes à galles et d'experts (4), ont permis d'identifier un certain nombre de cultures pas ou peu sensibles qui, comme précédemment, permettent d'une part d'avoir une récolte et d'autre part de diminuer la multiplication des nématodes en comparaison à des plantes sensibles.

Parmi les 44 espèces cultivées proposées dans l'enquête, les plantes les moins sensibles citées par les producteurs sont des Liliacées (ail, oignon, poireau), quelques Brassicacées (roquette, chou rave, navet), le fenouil, l'épinard, la fraise et la mâche. Cependant, les avis divergent sur un certain nombre de plantes, probablement à cause des différences de niveau d'infestation entre exploitations, éventuellement de différences d'espèces de *Meloidogyne*, mais également en fonction du créneau de culture ou de durée de culture. Ainsi, une salade ou un épinard se révèlent très sensibles lorsqu'ils sont plantés en septembre alors qu'ils le sont beaucoup moins en plantation d'hiver car les nématodes ne sont pas actifs en sol froid.

Nous avons donc mis en place des essais de comparaison des espèces identifiées lors des enquêtes en les implantant toutes sur un même site, à la même date et pendant la même durée, afin de pouvoir hiérarchiser leur niveau de sensibilité dans des conditions identiques. Tous les essais ont été implantés chez des maraîchers en AB confrontés depuis de nombreuses années aux problèmes de nématodes à galles.

Un premier screening des espèces réalisé en été 2009

Lors de ce premier essai, 13 espèces ont été mises en place sur 3 sites expérimentaux : 12 espèces identifiées comme moins sensibles lors des enquêtes, comparées à un témoin Batavia blonde (tableau 1). Sur chacun des sites, 40 plants des espèces évaluées ont été plantés avec une répartition aléatoire, de façon à s'affranchir de l'hétérogénéité de présence des nématodes dans le sol (voir photo). Les espèces de *Meloidogyne* ont été identifiées sur chacun des sites : *M. incognita* et *M. hapla* sur 2 sites, et *M. arenaria* sur le troisième. Il s'agit des espèces de nématodes à galles les plus couramment rencontrées dans le sud de la France, même si *M. hapla*, qui est une espèce de nématode plus tempérée, n'est pas encore très répandue dans le secteur (1).

La plantation a eu lieu mi mai et l'arrachage des racines début juillet. La période était donc optimale pour observer les plantes en conditions de pression élevée des nématodes. Par contre, certaines plantes se sont mal développées sur ce créneau, comme l'ail, la mâche, le fenouil et le poireau. L'ail et la fraise n'ont pas été pris en compte dans les résultats car les systèmes racinaires étaient mal développés ou nécrosés.

Espèce	Famille botanique	Essai 2009	Essai 2011
		Variété	Variété
Mâche	Valérianaceae	Rodion (Nunhems)	Trophy (Clause)
Fenouil	Apiaceae	Orion (Bejo)	Rondo (Voltz)
Coriandre	Apiaceae	Agrosemens	
Persil	Apiaceae	Géant d'Italie (Voltz)	
Céleri branche	Apiaceae		Tango (Voltz)
Ail	Alliaceae	Bianco	
Oignon	Alliaceae	Rebouillon (EssemBio)	Rebouillon (Clause)
Poireau	Alliaceae	Fantassin (Gautier)	
Navet	Brassicaceae	Oceanic (Gautier)	
Chou rave	Brassicaceae	Azur star (Voltz)	Olivia (Voltz)
Chou Pack Choï	Brassicaceae		Joï Choï (Ducrettet)
Roquette cultivée	Brassicaceae	Ducrettet	Astra (Gautier)
Roquette sauvage	Brassicaceae		Soria (Gautier)
Epinard	Chénopodiaceae	Tarpy (Enza Zaden)	Palco (Voltz)
Fraise	Rosaceae	Ciflorette	
Batavia blonde	Asteraceae	Tourbillon (Rijk Zwaan)	Palomis (Gautier)



Vue d'ensemble de l'essai sensibilité des cultures

Tableau 1 : Modalités des essais sensibilité des cultures en 2009 et 2011

Les notes d'indices de galles (IG) attribuées à chaque système racinaire, selon une échelle croissante de 0 à 10 (échelle de Zeck, 1971), figurent ci-dessous (figure 1-A). Les notes indiquées sont la moyenne des 3 sites d'essai car, bien que le niveau d'infestation soit différent (IG moyen toutes espèces végétales confondues de 2,4 à 3,6 selon le site), le classement des espèces est similaire. On n'a pas non plus de différence notable entre le site où *M. arenaria* est présent et les deux autres.

On constate que toutes les espèces évaluées dans cet essai sont moins sensibles que le témoin batavia blonde, dont l'IG moyen est de 6 (50 % des racines comportent des galles), mais avec des différences de sensibilité importantes entre elles. Ainsi, le persil, la coriandre et l'épinard sont les plus sensibles, avec un IG de 4 à 5 ; **le fenouil, le poireau, l'oignon, la mâche et la roquette sont les moins sensibles**, avec un IG de l'ordre de 1 (petites galles très peu nombreuses) ; le chou rave et le navet ont une sensibilité intermédiaire.

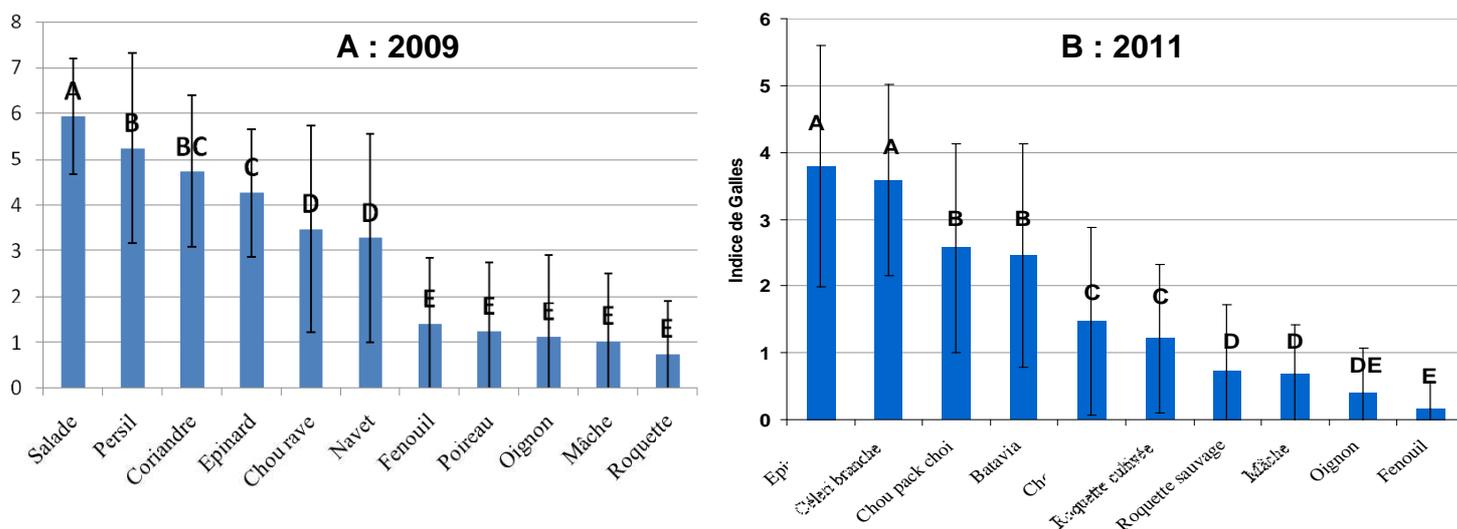


Figure 1 : Moyenne des Indices de Galles (IG) obtenus - A : 3 sites été 2009, B : 2 sites automne 2011
Groupes homogènes de Newman-Keuls, significatif au seuil de 5%

Ce premier essai s'étant déroulé dans une période optimale pour les nématodes, mais pas forcément pour toutes les cultures, nous avons renouvelé l'essai en 2011 sur le créneau d'automne. Les conditions climatiques sont alors plus favorables aux espèces testées, tout en bénéficiant à priori d'une période où les nématodes sont encore actifs, même s'ils le sont moins qu'en été.

Un deuxième screening réalisé en automne 2011

Dans ce deuxième essai, on a reconduit 6 espèces évaluées en 2009 et introduit 3 nouvelles : la roquette sauvage, le chou Pack Choï et le céleri branche (voir Tableau 1). Nous avons donc 9 espèces qui sont étudiées en comparaison à un témoin batavia blonde. L'essai est implanté sur 2 sites expérimentaux à raison de 50 plants par espèce selon un dispositif équivalent à celui de 2009. La plantation a eu lieu début octobre, et l'arrachage, mi-décembre (stade récolte pour la salade). Les espèces de nématodes sont *M. incognita* et *M. hapla* sur les 2 sites.

Les notes moyennes d'indices de galles obtenues pour les différentes espèces sont représentées sur la figure 1-B. Globalement, on constate que dans cet essai, le céleri branche et l'épinard sont les plus sensibles, ils le sont même davantage que le témoin batavia. Les plantes les moins sensibles sont **la mâche, l'oignon, le fenouil, les roquettes** (avec une différence entre la variété cultivée et la variété sauvage) **et le chou rave**. Ce sont les mêmes que celles que nous avons obtenues dans l'essai de l'été 2009. Le chou Pack Choï a un niveau de sensibilité similaire à celui de la batavia.

Les écart-types sont assez importants, en raison de la forte différence de niveau d'infestation entre les 2 sites. En effet, l'IG moyen mesuré sur la batavia est de 1,5 sur le site 1, et de 3,7 sur le site 2.

Par ailleurs, on a observé des différences non négligeables de sensibilité de certaines cultures entre les 2 sites. Ainsi, le fenouil est quasiment indemne de galles sur le site le plus infesté, alors que l'on en trouve proportionnellement davantage sur le site 1, moins infesté. Les racines de la



Galles sur salade
(Photo H. Ernout)

mâche et de l'oignon sont totalement indemnes sur le site 1, alors que des galles sont bien visibles, même si elles ne sont pas très nombreuses, sur le site 2. Au-delà de la plus ou moins grande tolérance des plantes, qui peut être dépassée en cas de pression importante (site 2), on peut supposer que la **proportion** entre les 2 espèces de *Meloidogyne* diffère entre les 2 sites d'essai, et que certaines plantes sont plus sensibles à *M. hapla* qu'à *M. incognita*, tous deux présents sur les 2 sites d'essai, sans que la distinction soit possible à la simple observation des galles.

Des propositions pratiques... et des pistes de travail

Les deux essais, réalisés à 2 époques différentes de l'année, ont permis d'identifier des cultures moins sensibles aux nématodes à galles : la roquette (notamment roquette sauvage), la mâche, l'oignon et le fenouil, et dans une moindre mesure, le chou rave. Ces cultures seront donc à préférer à des cultures comme la salade sur les sites infestés pour diminuer les populations de nématodes.

L'épinard, le céleri branche, la coriandre et le persil s'avèrent quant à eux assez sensibles, au moins autant que la batavia, et seront donc à éviter pendant les périodes à risques (mai à octobre).

Les résultats montrent que la sensibilité peut varier fortement au sein d'une même famille botanique : si les Alliées testées s'avèrent toutes peu sensibles, on a observé des comportements très différents entre la roquette et le chou Pack Choï, tous deux appartenant à la famille des Brassicacées ; il en est de même entre le fenouil, la coriandre et le céleri branche, tous trois des Apiacées.

En 2009, des observations sur les masses d'œufs de nématodes, présentes sur les galles des racines, ont également montré que, dans nos conditions d'essai, la moindre sensibilité des cultures (moins de galles) s'accompagnait de la moindre production de masses d'œufs : on peut donc considérer qu'une espèce plus tolérante qu'une autre sera plus efficace pour diminuer la population de nématodes à galles si elle est introduite en rotation. De même, on a également constaté que les masses d'œufs avaient des tailles variables suivant les espèces : la mâche par exemple présentait des masses d'œufs nettement plus petites. Il est donc possible qu'elles renferment moins d'œufs que les masses plus grosses observées chez d'autres espèces comme la salade. La viabilité des œufs peut également varier d'une espèce à l'autre : il conviendrait, pour une information complète, de vérifier ces aspects sur la reproduction dans des manipulations d'éclosion au laboratoire...

Il faut souligner que nos essais n'ont concerné qu'une variété de chaque espèce, or la sensibilité peut varier avec la variété. On constate par exemple qu'entre l'essai de 2009 et celui de 2011, le niveau de sensibilité de l'épinard et de la roquette cultivée sont assez différents en comparaison à celui du témoin batavia. Cela peut être lié au créneau cultural et/ou au niveau de pression des nématodes, mais également au fait que les variétés de ces cultures ET du témoin batavia ne sont pas les mêmes entre les 2 années. Il faudrait donc des manipulations complémentaires avec l'évaluation de plusieurs variétés par espèce, mais cela deviendrait assez lourd à réaliser.

Enfin, il est probable que certaines plantes soient plus sensibles à certaines espèces de *Meloidogyne* qu'à d'autres. Il serait donc intéressant de connaître la sensibilité de chaque plante aux différentes espèces de *Meloidogyne*. Quelques données existent dans la bibliographie mais elles sont parfois contradictoires et concernent surtout les espèces les plus cultivées.

Ce travail a permis d'aboutir à des propositions pratiques de cultures peu sensibles à insérer dans les rotations pour une meilleure maîtrise des nématodes à galles via la gestion des rotations de culture dans notre région. Un essai « rotation » réalisé en parallèle de ces screenings a permis de vérifier le bien fondé de l'insertion de ces cultures moins sensibles, mais il a aussi montré que la diminution des populations était lente, et qu'elles remontaient rapidement si l'on cultivait à nouveau une culture sensible (voir compte-rendu du GRAB, 2011). De plus, certaines cultures moins sensibles proposées, moins rémunératrices que d'autres, peuvent avoir un impact économique qu'il ne faut pas négliger.

La gestion des nématodes est donc un travail de longue haleine, qui nécessite de mettre en place un maximum de mesures de régulation : il faut conjuguer les mesures prophylactiques, la gestion des rotations et la pratique de techniques comme la solarisation en cas de forte infestation.

Nous tenons à remercier Xavier Hévin, Denis Menoury et Maurice Audier pour avoir accueilli ces expérimentations sur leur exploitation.

- (1) Djian Caporalino C., 2010. Nématodes à galles, des ravageurs de plus en plus préoccupants. Phytoma, n°638, nov. 2010. pp. 43-49
- (2) Védie H., 2008. Combinaison de moyens de lutte contre les nématodes à galles. Rencontre Technique Agriculture Biologique Légumes. 7 février 2008, Aras, pp.65-72
- (3) Djian Caporalino C., Védie H., Arrufat A., 2009. De nouvelles pistes pour gérer les nématodes à galles. PHM, n°515, juillet-août 2009
- (4) Védie H, Aïssa-Madani, C., 2008. Quelles plantes insérer dans les rotations pour diminuer les populations de nématodes à galles. Journée technique Fruits et Légumes Biologiques – 16 et 17 décembre 2008 à Montpellier-pp. 69-75
- (5) Védie H., Aïssa-Madani, C., 2011. Protection contre nématodes à galles : intérêt de la gestion des rotations culturales. Compte-rendu du GRAB L11/LR02.