

Comparaison de la sensibilité aux nématodes à galles  
(*Meloidogyne spp.*) de différents radis cultivés en engrais verts

Effets sur l'infestation de la culture suivante

Hélène VEDIE

**1 - OBJECTIF ET CONTEXTE :**

L'objectif de cet essai est d'étudier le comportement agronomique et la sensibilité de différentes variétés de radis fourragers (*Brassicacées*) aux nématodes à galles du genre *Meloidogyne spp.* Il s'agit également d'étudier l'impact de l'interculture de radis sur le niveau d'infestation de la culture suivante.

Cette pratique vise en effet à combiner deux processus dans la lutte contre ces ravageurs : une rupture de cycle par l'insertion de variétés résistantes en interculture, et une action directe après broyage et enfouissement par la libération de composés volatils soufrés aux propriétés toxiques (liés à la présence de glucosinolates dans les plantes de la famille des Brassicacées).

**2 - MATERIEL ET METHODES :**

**2.1 Dispositif expérimental :**

Site : Le dispositif expérimental est situé sur une exploitation en agriculture biologique à Aureille (13), dans un tunnel froid (T12) de 7 m de large sur 57 m de long, infesté par les nématodes *M. arenaria*.

Le sol est calcaire de texture limono-argilo-sableuse et très caillouteux (sols de Crau).

Dispositif : essai à 4 modalités (tableau 1) et 3 répétitions en blocs. Parcelles élémentaires de 3,5 m de large sur 8 à 10 m de long, soient 28 à 35 m<sup>2</sup>.

Modalités :

N°	Modalités	Variété	Société	Densité de semis (kg/ha)
A	Radis fourrager « A »	Doublet	RAGT	25
B	Radis fourrager « D »	numéro	RAGT	25
C	Radis fourrager Contra	Contra	Alpha-semences	25
D	Témoin paillé	Bâche hors-sol tissée noire		

**Tableau 1** : modalités de l'essai

**2.2 Conditions de culture**

- **Précédent** : tomate, variétés multiples en franc, 3 double-rangs dans la largeur du tunnel, arrachée mi septembre 2012
- **Engrais verts d'automne** : automne 2012
  - **Fertilisation** : engrais organique (tourteau de ricin) correspondant à la dose de 50 unités N total/ha
  - **Semis** : les engrais verts ont été semés à la volée le 27/09/2012. Le semis a été suivi d'un passage de râteau et d'une irrigation de 20 mm. En raison de gros dégâts de fourmis (notamment sur le B3), un sur-semis a été effectué le 4/10.
  - **Broyage** : le 13 décembre 2012 au broyeur à marteaux. **Enfouissement** le lendemain à la rotobèche et roulage. **Irrigation** de 20 mm.
- **Hiver 2013** : culture de salade, type feuille de chêne rouge, variété « Piman » (Enza Vitalis), plantation le 25/01/13, densité de plantation : 14 plants/m<sup>2</sup>. Récolte jusqu'au 10 avril.

**2.3 Mesures et observations :**

**Mesure de l'état initial d'infestation par les nématodes à galles :**

En raison de la diversité variétale des tomates présentes dans le tunnel, il n'a pas été possible de faire une cartographie précise des indices de galles racinaires initiaux. Des notations ont été effectuées sur la variété Cornabelle (Vilmorin) répartie de façon aléatoire dans le tunnel, et sur quelques autres plantes lorsque Cornabelle était absente. Une note d'indice de galles (IG), de 0 à 10, est attribuée à chaque système racinaire observé selon l'Echelle de Zeck, 1971.

**Mesures agronomiques sur les engrais verts :**

- Développement et taux de recouvrement au cours de la croissance et à la récolte
- Rendement : mesures des biomasses fraîches et sèches des parties aériennes et racinaires sur 2 placettes de 0,5 m x 0,5 m soit 0,25 m<sup>2</sup> par parcelle élémentaire.

### **Mesures de sensibilité aux nématodes sur les engrais verts :**

- Notations sur placettes : notation du niveau d'infestation de toutes les racines récoltées sur 2 placettes de 0,25 m<sup>2</sup> par parcelle élémentaire, soient 6 placettes par modalité. **L'échelle de notation, de 0 à 4**, utilisée pour les radis est la suivante :
  - 0 : pas de galles
  - 1 : 1 à 2 galles
  - 2 : 3 à 5 galles
  - 3 : 6 à 10 galles
  - 4 : plus de 10 galles
- Notations complémentaires : notation des IG aux mêmes emplacements que ceux réalisés sur les tomates. Chaque note attribuée par emplacement est la moyenne de 3 à 4 systèmes racinaires, sauf lorsqu'il correspond à une placette de mesure. Echelle de notation ci-dessus, de 0 à 4.

### **Cartographie de l'état final, sur salades (feuille de chêne rouge) :**

Arrachage des systèmes racinaires de salades et attribution d'une note d'infestation de 0 à 10 (Echelle de Zeck, 1971). Les notations sont effectuées le 11 avril, selon une cartographie correspondant à 8 à 10 systèmes racinaires observés par parcelle élémentaire.

### **Analyses nématologiques de laboratoire :**

- Dénombrement de larves sur un échantillon composite de sol prélevé dans le tunnel lors de l'arrachage des tomates, le 14/09.
- Détermination d'espèce de *Meloidogyne* sur racines de tomates (14/9).

## **3 - RESULTATS - DISCUSSION**

### **3.1 Cartographie de l'état initial d'infestation par les nématodes à galles**

Le niveau d'infestation initiale est hétérogène avec des notes allant de 0 à 10 : il est plus important sur les rangs de bordure que sur les rangs centraux..

L'indice de galles moyen sur l'ensemble de nos observations est de 4,3 ; il est de 5 sur la variété Cornabelle. En raison de l'hétérogénéité et de la diversité variétale, nous n'avons pu utiliser ces notations initiales pour positionner les traitements de l'essai sur des zones de niveau de pression équivalente. Elles nous permettent néanmoins de relativiser les notations ultérieures sur ces zones de repère.

### **3.2 Résultats agronomiques sur les engrais verts**

#### **Développement des engrais verts :**

Les radis ont eu un développement très rapide lié à de très bonnes conditions climatiques : à peine 1 mois après semis, ils mesurent déjà 35 cm environ, et entre 50 et 80 cm au bout de 2 mois (tableau 2). On a observé peu de différences visuelles entre les 3 variétés de radis. La variété « A » (Doublet) a une végétation moins haute que les autres.

A cause des dégâts de fourmis, et malgré le sur-semis effectué, il y a beaucoup de trous dans la végétation au début du développement des radis. Les dégâts sont relativement limités dans les blocs 1 et 2 mais ils sont très importants dans le bloc 3. Malgré tout, on observe peu d'adventices dans les couverts car les radis ont poussé vite et étouffé celles qui se sont développées au démarrage : morelle (*Solanum nigrum*), pourpier (*Portulaca oleracea*) et mourron blanc (*Stellaria media*) essentiellement. Nous avons observé des dégâts de *Rhizoctonia* de façon assez marquée lors de la récolte, mais sans différence de sensibilité entre les 3 variétés de radis. On note également la présence d'escargots et d'altises.

N°	Modalités	23 octobre 2012 (S+26 jours)		4 décembre 2012 (S+68 jours)	
		Hauteur (cm)	Couverture (%)	Hauteur (cm)	Couverture (%)
A	Radis fourrager A	35	95	55	100
B	Radis fourrager D	35	95	75	100
C	Radis fourrager Contra	35	95	70	100
D	Témoin sol nu	-	-	-	-

**Tableau 2** : Hauteurs (cm) et couverture (%) des engrais verts 26 et 68 jours après semis

#### **Rendement des engrais verts :**

Les biomasses et teneurs en matière sèche des engrais verts ont été mesurées le 4 décembre, soit un peu plus de 2 mois après semis, sur 6 placettes de 0,25 m<sup>2</sup> par modalité (2 par parcelle élémentaire). Les biomasses aériennes et racinaires ont été mesurées. Le bloc B3 étant significativement différent des autres avec des résultats inférieurs (décalage de semis sur cette partie à cause des dégâts de fourmis) nous n'avons retenu que les résultats des blocs 1 et 2, soit 4 répétitions par modalité.



Vues d'ensemble de l'essai à différentes dates de l'interculture



□ Rendement des parties aériennes

L'ensemble des résultats figure dans le tableau 3.

Les rendements moyens en **matière fraîche** (MF) sont compris entre 56 t/ha pour le radis A et 73 t/ha pour le radis D. Les teneurs en matière sèche sont faibles, comprises entre 6 et 7%. Les rendements en **matière sèche** (MS) sont assez proches entre les variétés, compris entre 3,9 et 4,4 tMS/ha.

N°	Modalité	Rendement MF (t/ha)	Rendement MS (t/ha)	% MS
A	Radis fourrager A	56,5	3,9	7,0 (A)
B	Radis fourrager D	73	4,3	6,0 (B)
C	Radis fourrager Contra	69,1	4,4	6,4 (AB)

**Tableau 3** : Rendements et teneurs en matière sèche des parties aériennes des engrais verts. Groupes homogènes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% (analyse à 4 blocs)

□ Rendement des parties racinaires des radis

Les rendements moyens des racines de radis varient de 5,4 à 9,5 t/ha en **matière fraîche** (MF), et 0,6 à 1,2 t/ha en **matière sèche** (MS) (tab.4). Le radis de la modalité B se distingue par un rendement plus élevé surtout dû à des racines statistiquement plus grosses. Les teneurs en matière sèche sont assez homogènes et plus élevées que pour les parties aériennes ; elles sont comprises entre 12,3 et 14,4%.

- Les ratios poids sec des racines/poids total des radis est de l'ordre de 20% pour les variétés A et D, et de 13% pour la variété Contra.

- La part du poids des racines dans le rendement total étant assez faible, le rendement total des radis n'est pas significativement différent entre les variétés : il est compris entre 4,8 et 5,5 tMS/ha (tableau 4).

N°	Modalité	Rendement des parties racinaires			Poids moyen d'une racine (g)		Rendement total (aérien+racines)	
		MF (t/ha)	MS (t/ha)	% MS	MF	MS	MF (t/ha)	MS (t/ha)
A	Radis fourrager A	5,9 (B)	0,85 (B)	14,4	5,3 (B)	0,76 (B)	62,4	4,78
B	Radis fourrager D	<b>9,5 (A)</b>	<b>1,2 (A)</b>	13,0	<b>15,0 (A)</b>	1,95 (A)	82,5	5,53
C	Radis fourrager Contra	5,4 (B)	0,65 (B)	12,3	10,1 (AB)	1,25 (AB)	74,5	5,04

**Tableau 4** : Rendements et teneurs en matière sèche des parties racinaires et rendement total des radis 68 jours après semis. Groupes homogènes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%

**Globalement, les résultats sur l'ensemble des indicateurs agronomiques mesurés sur cet essai sont proches pour les différentes variétés de radis. Nous notons toutefois que les niveaux de productivité sont nettement supérieurs cette année avec un semis de fin septembre que ceux que nous avons mesurés l'an dernier avec un semis plus tardif (rendement total de 20 tMF/ha et 3,6 tMS/ha).**

### 3.3 Mesures de sensibilité aux nématodes sur les engrais verts

Pour l'ensemble des notations sur les racines des engrais verts, en raison de la présence limitée de galles, l'échelle utilisée n'est pas celle de Zeck comme pour les cultures, mais une échelle de 0 à 4 (cf page 2) :

#### Mesures des intensités de présence de galles sur placettes :

Sur chaque placette de 0,25 m<sup>2</sup> on a observé l'ensemble des racines récoltées, soient en moyenne 20 racines de radis.

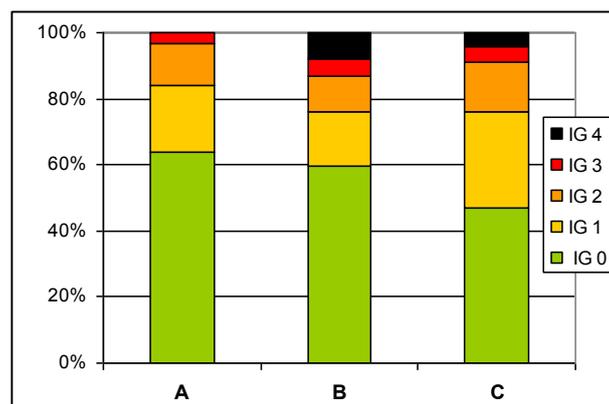
L'indice de galles moyen obtenu pour chaque variété sur chaque placette est mentionné dans le tableau 5. Les résultats obtenus peuvent être assez variables sur les différentes placettes, en lien avec l'hétérogénéité d'infestation de la parcelle, et les niveaux différents d'infestation initiale, mais les IG mesurés sont globalement faibles pour les 3 variétés. Le Bloc 3 est particulièrement peu touché car les plantes, plus jeunes sur cette zone les fourmis ayant prélevé quasiment toutes les graines lors de la première date de semis, ont été cultivées moins longtemps, en conditions plus froides.

Il n'y aucune différence significative de niveau d'infestation moyen entre les variétés. En tendance, les racines de la variété A montrent néanmoins moins de galles sur les racines observées dans les placettes.

Modalité	IG moyen BLOC 1		IG moyen BLOC 2		IG moyen BLOC 3		IG moyen 6 placettes	IG moyen 4 placettes
	Placette 1	Placette 2	Placette 1	Placette 2	Placette 1	Placette 2	B1à B3	B1 et B2
A	0,3	1,5	0,2	0,2	0	0,1	0,38	0,6
B	0,1	0,8	1,3	1,2	0	0,1	0,60	0,9
C	0,4	1,4	0,2	1,5	0,2	0	0,63	0,9

**Tableau 5** : Indices de galles moyens observés sur 6 placettes de 0,25 m<sup>2</sup> par variété de radis 2 mois après semis. Test de Newman-Keuls non significatif au seuil de 5%

L'analyse des pourcentages de radis dans chaque classe d'indices de galles illustre la répartition de l'ensemble des racines des placettes des blocs 1 et 2 (graphique 1). Il n'y a aucune différence statistiquement significative dans cette analyse, les 3 variétés ayant des profils proches. En tendance, la variété C aurait un taux inférieur de racines indemnes de galles (IG 0).



**Graphique 1** : Pourcentages moyens des classes d'indices de galles pour les 3 variétés de radis (4 placettes). Test de Newman-Keuls non significatif au seuil de 5%

#### Mesures complémentaires selon les notations initiales :

Des mesures d'IG complémentaires ont été réalisées aux emplacements des observations initiales sur tomates. Les résultats figurent dans le tableau 6. Les IG moyen attribués sont du même ordre de grandeur que ceux attribués sur les placettes d'observation, mais il y aurait une tendance différente, avec un niveau d'infestation inférieur sur les radis de la variété Contra (modalité C). Le nombre de notations réalisées est cependant beaucoup trop faible, et l'infestation du tunnel trop hétérogène pour pouvoir tirer des conclusions fiables.

Modalité	IG moyen BLOC 1	IG moyen BLOC 2	IG moyen BLOC 3	IG moyen B1à B3	IG moyen B1 et B2
	A	1,25	1	1	1,08
B	0,75	1,17	1	0,97	0,96
C	-	0,25	0,25	0,25	0,25

**Tableau 6** : Indices de galles moyens observés sur radis aux emplacements des notations initiales

### **3.4 Cartographie de l'état final d'infestation par les nématodes à galles sur la salade**

Les observations ont été réalisées le 11 avril, à l'arrachage des plantes, soit environ 4 mois après l'enfouissement des engrais verts. Une note d'indice de galles a été attribuée à chaque système racinaire selon l'échelle de Zeck, de 0 à 10.

Le niveau d'infestation des salades est très faible, avec des indices de galles majoritairement nuls et au maximum de 2 (quelques petites galles bien visibles).

L'indice de galle moyen observé sur chaque parcelle élémentaire (8 à 10 plantes) est particulièrement bas, compris entre 0,06 et 0,45 (tableau 7). Il n'y a aucune différence significative entre les traitements. Aucune conclusion ne peut être tirée sur l'effet potentiel des différents radis sur le niveau de population des nématodes, ni entre eux, ni en comparaison avec le témoin sol nu.

<b>Modalité</b>	<b>IG moyen BLOC 1</b>	<b>IG moyen BLOC 2</b>	<b>IG moyen BLOC 3</b>	<b>IG moyen</b>
A	0,31	0,06	0,45	0,28
B	0,06	0,38	0,10	0,18
C	0,31	0,19	0,15	0,22
D	0,44	0,38	0,25	0,35

**Tableau 7 :** Indices de galles moyens observés sur salades en fin d'essai (moyennes de 8 à 10 systèmes racinaires).  
Test de Newman-Keuls non significatif au seuil de 5%

### **3.5 Analyses nématologiques de laboratoire**

#### **Dénombrement initial de larves dans le sol**

Le dénombrement initial des nématodes présents dans le tunnel à la fin de la culture de tomates (14/09/2012) révèle la présence très élevée de larves de nématodes du genre *Meloidogyne* avec 3185 larves L2 dénombrées pour 100 ml de sol.

#### **Détermination des espèces de *Meloidogyne***

L'analyse réalisée sur les racines de tomates permis de diagnostiquer la présence de l'espèce *M. arenaria (neal) chitwood*.

## **4 - CONCLUSION**

Nous avons testé cette année 3 variétés de radis qui étaient bien ressorties dans des essais antérieurs : la variété A en raison de ses performances agronomiques et la variété D en raison de sa moindre sensibilité nette aux nématodes à galles *Meloidogyne incognita*. La variété Contra a été maintenue en référence. Il s'avère que les résultats obtenus cette année sont moins tranchés, et ne permettent pas de mettre en évidence de différence nette entre ces 3 variétés.

- **les performances agronomiques sont bonnes pour les 3 variétés.** Le niveau de productivité et la concurrence face aux adventices sont intéressants.

- **le niveau de sensibilité aux nématodes à galles, espèce *M. arenaria*** sur ce site, est bas, et similaire pour les différentes variétés.

- **l'effet des différents engrais verts sur le niveau d'infestation de la culture suivante n'a pas pu être mis en évidence dans cet essai**, à cause d'un trop faible niveau d'infestation de la salade, plantée en janvier.

Il conviendrait de réévaluer les variétés de radis dans des conditions de pression parasitaire plus importante pour mieux étudier leur potentiel de résistance.

---

ANNEE DE MISE EN PLACE : 2012 - ANNEE DE FIN D'ACTION :

ACTION : nouvelle  en cours  en projet

Renseignements complémentaires auprès de : H. Védie - GRAB Agroparc BP 11283 84911 Avignon cedex 9 –  
tel : 04 90 84 01 70 – fax : 04 90 84 00 37 – E-mail : helene.vedie@grab.fr

---

**Mots clés :** nématodes à galles – engrais vert - indice de galle – résistance variétale - brassicacées

**Date de création de cette fiche :** mai 2014