



---

**LUTTE CONTRE LES NEMATODES A GALLES :**  
**ESSAI COMBINAISON DE MOYENS DE LUTTE**  
**Troisième Année**

---

Jérôme LAMBION – Hélène VEDIE – Julien RUESCH (stagiaire)

## 1 – CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les travaux menés par le GRAB depuis plusieurs années ont montré l'intérêt potentiel de plusieurs techniques de lutte contre les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) en maraîchage biologique : tourteaux végétaux de neem (Nématorg®) et de ricin, engrais verts de *tagetes minuta* et *tagetes patula*.

Par ailleurs, la désinfection vapeur est pratiquée pour certaines cultures touchées par les nématodes à galles, pour un coût souvent prohibitif et une efficacité aléatoire, qu'il conviendrait d'estimer plus précisément.

Cet essai a pour objectif :

- de vérifier l'efficacité des tourteaux, en particulier le mélange Nématorg®+ricin, des tagètes et de la désinfection vapeur.
- d'associer ces différentes techniques
- d'étudier l'effet cumulatif de ces techniques sur une même parcelle, sur plusieurs années et sur différentes espèces cultivées.

L'essai a débuté en mars 2003 avec une culture de melon (voir compte-rendu L 03 LR 01). Il s'est poursuivi en 2004 avec une culture de salades pendant l'hiver et une culture de potimarrons au printemps (voir compte-rendu L 04 LR 01), en 2005 avec une culture de salade hivernale et du fenouil au printemps (voir compte-rendu L 05 LR / 01), et en 2006 avec une culture de salade puis de potimarron.

## 2 – MATERIEL ET METHODES

### 2-1 Conditions de culture

Site : exploitation de M. Menoury à Manguio (34). Culture sous tunnel froid 8 m.

Sol : sol brun-rouge de texture limono-sablo-argileuse. Profond, basique (pH de 8,2), charge en cailloux, galets et graviers, moyenne (plus élevée dans le tunnel 8 que dans le 9).

Précédent : Fenouil, variété Pongo, planté le 23 février 2005  
Engrais verts de tagètes (remplacés par une solarisation) ou sorgho pendant l'été 2005 selon plan d'essai

Cultures : Culture d'automne 2005/2006 : salade : feuille de chêne et batavia blonde  
culture de printemps 2006 : potimarron (var. Uchiki kuri)  
Engrais verts de tagètes ou sorgho pendant l'été 2006 selon plan d'essai

Planning : Salade : Plantation le 25 octobre 2005 – Pas de récolte  
Potimarron : Plantation le 14 avril 2006 - Récolte le 29 juillet 2006

## 2-2 Protocole

**Dispositif :** Essai sur « grandes » parcelles (8x20m), 8 modalités, pas de répétition.

**Modalités :** **Effet des tourteaux** : comparaison **3N+3R** = tourteau de neem (Nematorg®) à 3t/ha + tourteau de Ricin à 3t/ha à 1 témoin engrais organique (5-5-8).

*Fertilisation en NPK équivalente entre les différentes modalités.*

**Effet de la désinfection vapeur\*** : comparaison de ½ tunnels désinfectés ou non.

**Effet des tagètes** en interculture estivale : comparaison de *T. minuta* (**Kokopelli**, 8 kg/ha) et *T. patula* (**GSN**, 8 kg/ha) à un témoin sorgho fourrager (50 kg/ha).

\* la désinfection vapeur est réalisée avec une plaque de 8 X 1,5 m posée pendant 10 min. La pression vapeur sortie chaudière est de 3,5 bars.

Planning :

	2003	2004	2005	2006
Epandage tourteaux (3N +3R) et engrais	11 mars	10 février	22 février	31 mars
Plantation culture de Printemps	<b>melon</b> : 19 mars	<b>potimarron</b> : 30 mars	<b>fenouil</b> : 23 février	<b>potimarron</b> : 14 avril
Engrais verts (EV) : semis-broyage	2 juillet - 12 septembre	22 juillet - 24 septembre	<b>EV</b> : 23 juin – 22 juillet <b>solarisation</b> sur P et M à partir du 27 juillet	<b>solarisation</b> : 14 juillet – 8 août <b>EV</b> : 10 août – 21 septembre
Désinfection vapeur	24 octobre <b>après</b> engrais verts	15 juillet <b>avant</b> engrais verts	9 juin <b>avant</b> engrais verts	A venir <b>après</b> engrais verts
Plantation salades	5 novembre	28 octobre	25 octobre	A venir

La combinaison des différentes techniques sur les 8 parcelles élémentaires est présentée ci-dessous (voir plan d'essai en dernière page) :

TRAITEMENT (1)	PARCELLE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>NR</b>	<b>X</b>		<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>	
<b>P</b> <sup>(2)</sup>					<b>X</b>	<b>X</b>		
<b>M</b> <sup>(2)</sup>			<b>X</b>	<b>X</b>				
<b>S</b>	<b>X</b>	<b>X</b>					<b>X</b>	<b>X</b>
<b>V</b>		<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>	

<sup>(1)</sup> **NR** : 3 t/ha neem + 3 t/ha ricin - **S** : sorgho - **P** : *t. patula* - **M** : *t. minuta* - **V** : désinfection vapeur

<sup>(2)</sup> **P** et **M** : cette année, elles ont été broyées en raison d'un très mauvais développement des tagètes (envahissement par pourpier et amarante)

Mesures/ Observations :

- Arrachage des salades (10/03/2006) : Notation de l'indice de galle sur les racines avec une note de 1 à 10 selon l'échelle de Zeck (16 plants par parcelle). Dénombrement de la population de *Meloidogyne* (réalisé par l'IRD de Montpellier)

- Récolte du potimarron (29 juillet) : mesure du **rendement** (pesée de tous les potimarrons dans chaque parcelle élémentaire) - Notation de l'**indice de galle** sur les racines - Dénombrement de la population de *Meloidogyne* (réalisé par l'IRD)

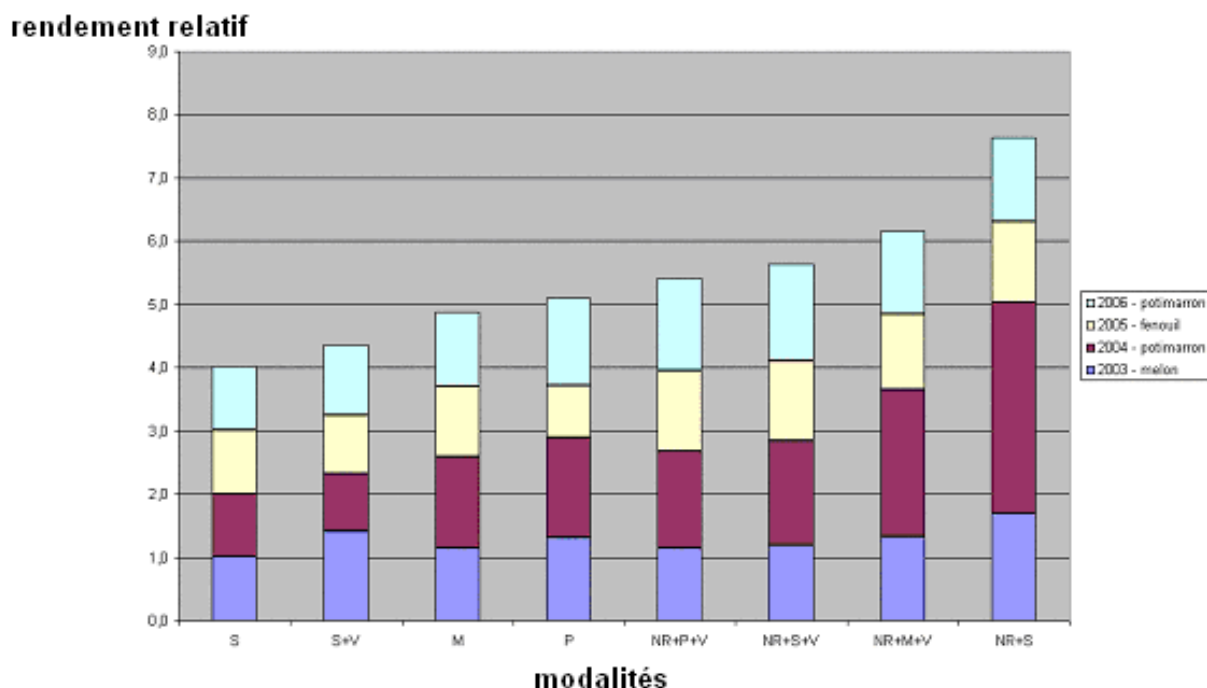
- Suivi de l'implantation et du développement des engrais verts

### 3 – RESULTATS - DISCUSSION

#### 3-1 Rendements

Les mesures de rendement ont été réalisées uniquement pour les cultures d'été, on dispose donc de 4 années de données, correspondant à différentes cultures : melon (2003), potimarron (2004 et 2006) et fenouil (2005).

Afin de comparer les résultats entre eux d'une année sur l'autre (indépendamment des conditions climatiques et des types de culture), nous avons utilisé le rendement relatif, correspondant au rapport du rendement absolu de chaque parcelle divisé par le rendement absolu de la parcelle témoin, qui ne subit aucun traitement nématocide (parcelle S).



#### Rendements relatifs cumulés des récoltes des cultures de printemps

Les rendements relatifs cumulés les plus élevés correspondent aux quatre parcelles ayant reçu un amendement NR. Etant donné que la fertilisation a été calculée pour être égale sur toutes les parcelles, on peut supposer que la différence observée peut être attribuée à un effet sur les nématodes. Cependant, trois quarts des parcelles ayant reçu un apport de NR ont également subi un traitement du sol à la vapeur.

Les rendements relatifs se situent pour la plupart entre 0,8 et 1,6. Pour l'année 2004, les variations de rendements relatifs étaient beaucoup plus grandes (de 0,9 à 3,3).

En comparant les parcelles S et NR+S, d'une part, et S+V et NR+S+V d'autre part, on peut évaluer l'effet de l'amendement NR sur les rendements. Le diagramme ci-dessus montre que les parcelles ayant reçu l'amendement NR donnent des rendements supérieurs à leurs parcelles référence (+ 90 %). La modalité NR+S a notamment un rendement presque doublé par rapport à la modalité S.

Les modalités NR+S et NR+S+V, ainsi que les modalités S et S+V nous renseignent sur l'impact du traitement à la vapeur des sols. En association avec un amendement NR, la désinfection vapeur aboutit à des rendements inférieurs (- 27 %). Seul, ce traitement du sol apporte un gain de production plutôt faible (+ 8 %). Etant données les contraintes dues à la mise en place d'une désinfection vapeur, on peut s'interroger sur la nécessité d'un tel traitement.

Les modalités S, M et P, ainsi que les modalités, NR+S+V, NR+M+V et NR+P+V donnent des indications sur l'impact du type d'engrais vert sur l'élaboration du rendement. Seuls, les EV nématocides permettent d'augmenter les rendements. Ainsi, *T. minuta* augmente le rendement de + 21,5 % par rapport au sorgho, et *T. patula* + 26,8 %. En association avec la désinfection vapeur et l'amendement de NR, cette hiérarchie n'est plus respectée.

Les combinaisons de techniques associant NR et V sont celles qui donnent les rendements les plus importants

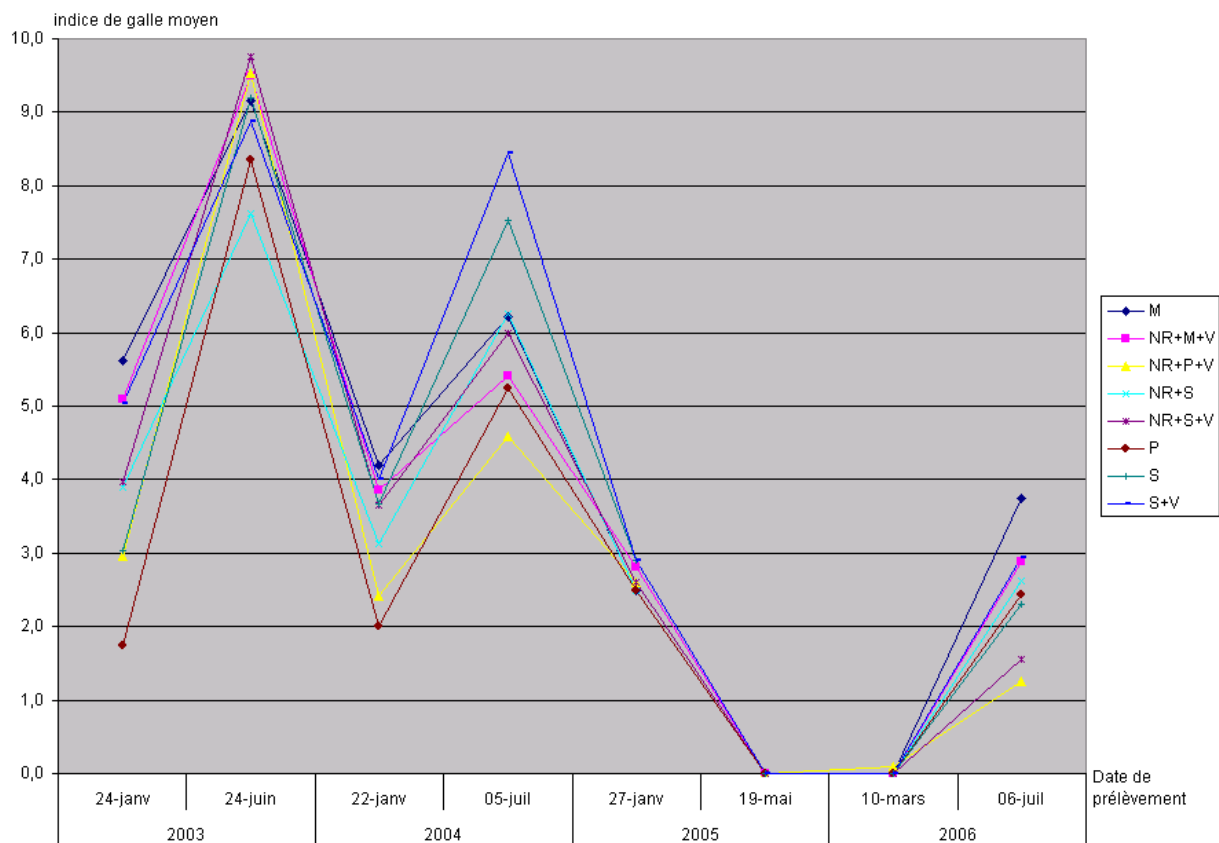
Conclusion :

Toutes les techniques mises en place ont permis d'augmenter les rendements par rapport à la parcelle témoin.

- L'apport de tourteau végétal à base de neem et de ricin a un effet positif sur le rendement.
- La désinfection vapeur ne semble pas avoir d'effet sur le rendement.
- L'implantation d'engrais verts nématocides a un effet sur l'augmentation des rendements (lorsqu'ils ne sont pas associés aux autres techniques). Les engrais verts joueraient donc un rôle moins important dans l'élaboration du rendement par rapport à l'amendement NR.

### **3-2 Indices de galles**

Les indices de galles ont été réalisés en fin de culture d'hiver et d'été, sur un échantillon de 16 plants par parcelle élémentaire.

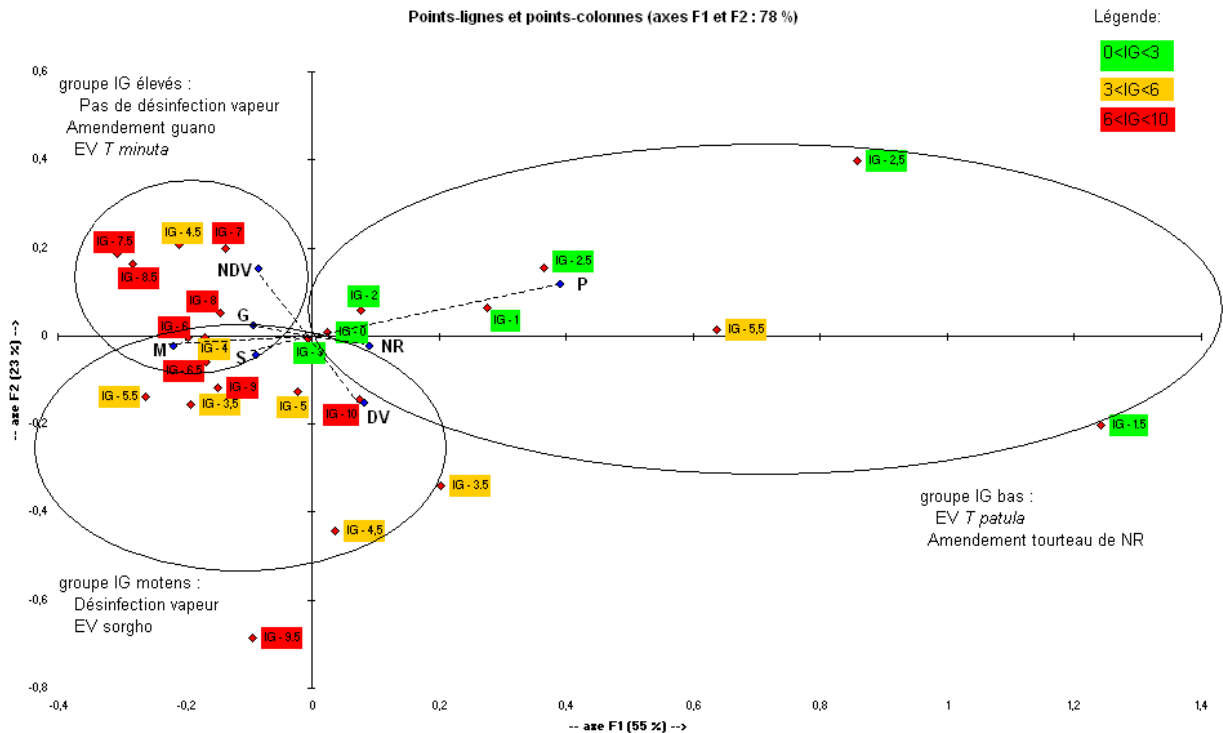


### Evolution des indice de galles

Ce graphe montre la variabilité intra et inter-annuelle. Les conditions climatiques sont plus défavorables aux nématodes en hiver, par conséquent, les notations d'IG réalisées sur cultures d'hiver donnent des valeurs plus basses que les valeurs issues des cultures de printemps.

Concernant les variations inter-annuelles, on observe globalement une diminution des IG moyens entre 2003 et 2006, avec des valeurs très basses fin 2005 – début 2006, dues vraisemblablement au fait que le fenouil est une culture peu sensible aux nématodes et que l'hiver 2006 a été rigoureux.

Une analyse factorielle de correspondance (AFC), réalisée sur l'ensemble des données d'indice de galles a permis de mettre en relation les techniques et les valeurs de IG.



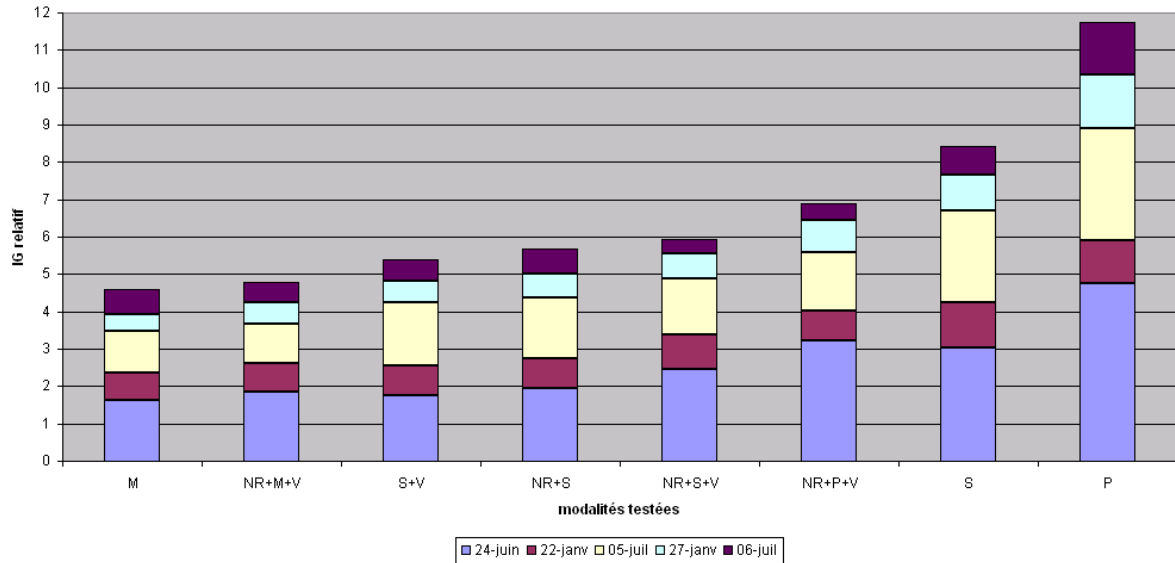
### Analyse factorielle de correspondance des IG entre 2003 et 2006.

Il en ressort que les IG les plus faibles ( $0 < IG < 3$ ) sont corrélés avec l'amendement NR, puis, dans une moindre mesure, avec les engrais verts *T. patula* et enfin la désinfection vapeur. Les IG moyens ( $3 < IG < 6$ ) semblent être associés à la mise en place d'un engrais vert sorgho ou *T. minuta* ainsi qu'à la réalisation d'une désinfection vapeur. Enfin, les IG les plus élevés ( $IG > 6$ ) semblent correspondre aux parcelles n'ayant pas subi de désinfection vapeur, dont l'amendement organique est à base de guano et ayant du sorgho comme engrais vert.

Cependant, l'AFC est réalisée à partir des données brutes, qui ne tiennent pas compte de l'hétérogénéité initiale. De ce fait, une parcelle fortement infestée initialement va pénaliser les techniques associées. De plus, cette représentation des résultats ne tient pas compte de l'évolution des taux d'IG par rapport à l'infestation initiale.

D'où le calcul d'un indice de galles relatif, calculé en faisant le rapport, pour chaque parcelle élémentaire, de l'indice de galle moyen sur l'indice de galles initial (24 janv. 2003, sur salades). On peut ainsi comparer les évolutions respectives des dégâts observés.

histogramme des indices de galles relatifs.



### Diagramme des indices de galles relatifs cumulés.

Ce diagramme permet de comparer les itinéraires techniques en fonction de leurs indices de galles relatifs. Il en ressort que la parcelle témoin (S) aboutit à un IG relatif faisant partie des plus élevés (seule la modalité EV *T. patula* donne des résultats plus mauvais).

L'apport de tourteaux végétaux à base de NR permet une baisse assez importante des galles observées par rapport au témoin S (- 32,6 % environ). Cependant, associée à une désinfection vapeur (NR+S+V), un amendement de NR est légèrement défavorable (+ 10 %) par rapport à l'itinéraire technique S+V.

La désinfection du sol à la vapeur montre une bonne efficacité (- 56 % de dégâts observés) par rapport au témoin S. associée à un apport de NR (modalité NR+S+V), la DV donne pourtant un IG relatif supérieur (+ 4,7 %).

La comparaison des IG relatifs des modalités S+V et NR+S par rapport au témoin et entre elles fait ressortir que le traitement à la vapeur du sol est légèrement plus efficace que l'apport de tourteau de NR sur la diminution des dégâts dus aux nématodes à galles. Cependant l'association de ces deux techniques donne des résultats moins bons que les deux techniques prises individuellement. Etant donnés les faibles écarts séparant les IG relatifs de ces trois combinaisons de technique (environ 10 %), on ne peut pas conclure de manière évidente sur l'efficacité de l'une par rapport à l'autre.

L'implantation de *T. patula* en engrais verts (P) donne des résultats médiocres par rapport à la parcelle témoin (+ 39 % d'IG relatif par rapport à S). A l'inverse, l'implantation de *T. minuta* (M) donne de bons résultats (- 83 % d'IG relatif par rapport à S). Cette même hiérarchie se retrouve atténuée lorsque les tagètes sont associés à un apport de NR et une DV.

Toutes les combinaisons de techniques testées ont un effet sur la diminution des dégâts provoqués par les nématodes à galles (à l'exception de P). Les combinaisons de techniques qui donnent les baisses les plus conséquentes sont M et NR+M+V, ensuite arrivent les traitements DV (S+V) et NR (NR+S). Les associations NR+S+V et NR+P+V apportent des améliorations moins importantes.

## Conclusion :

Efficacité des techniques indépendamment les unes de autres.

- L'implantation de *Tagetes minuta* permet de réduire fortement les galles (- 83 %).
- Le traitement à la vapeur a un effet sur la diminution des galles (- 36 %).
- L'apport de tourteau végétal à base de neem et de ricin entraîne également des diminutions des galles observées sur les racines (- 32,6 %).

Efficacité des combinaisons de techniques.

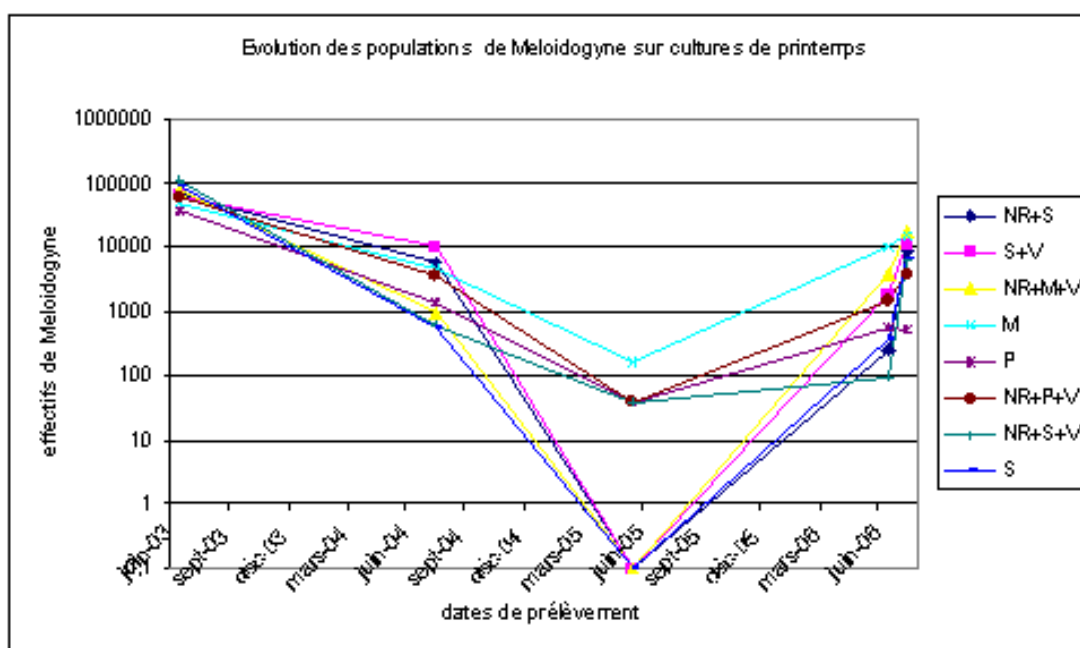
- L'implantation de *Tagetes minuta*, seule ou en association avec d'autres techniques, a une bonne efficacité pour lutter contre les attaques de nématodes.
- L'implantation de *Tagetes patula*, seule ou en association avec d'autres techniques, a une efficacité moyenne à mauvaise pour lutter contre les attaques de nématodes.
- Les combinaisons associant un apport de tourteau végétal de neem ricin et une désinfection vapeur du sol donnent des résultats peu différents des traitements tourteau de neem ricin et désinfection vapeur réalisés indépendamment.

L'observation des galles confirme le fait que la culture de fenouil est peu sensible aux attaques de nématodes.

### 3-3 Dénombrement des *Meloidogyne*

Les dénombrements ont été réalisés par l'IRD Montpellier, sur les larves au stade L2, (seul stade libre des *Meloidogyne*).

Les populations de nématodes du genre *Meloidogyne spp.* peuvent varier de manière très importante d'une zone de prélèvement à une autre et/ou d'une date de prélèvement à une autre. Pour cette raison, afin d'avoir un graphique lisible de la cinétique des populations, on utilise une échelle logarithmique.

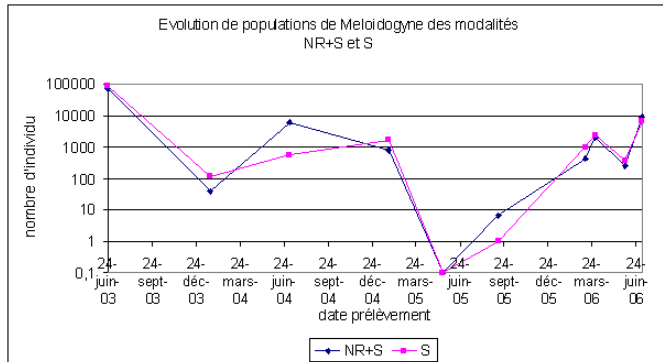


**Evolution des populations de *Meloidogyne* sur cultures de printemps**

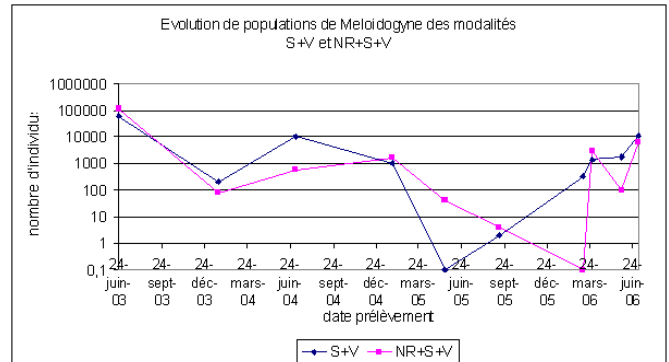
A la mise en place de l'essai, les effectifs de populations de nématodes étaient très élevés sur toutes les parcelles de l'essai (entre 10 000 et 100 000 individus par  $\text{dm}^3$ ). Ce niveau de population n'a plus été atteint au cours des quatre années de l'essai (les populations ne dépassent pas 10 000 individus par  $\text{dm}^3$  par la suite).

Le graphe ci-dessus présente l'évolution des effectifs de *Meloidogyne* (à partir des cultures d'été). Globalement les populations de *Meloidogyne* diminuent pour toutes les parcelles au cours des quatre années de l'essai. La chute de population plus importante observée en 2005 est due à la culture de fenouil, défavorable au développement des nématodes à galles. L'étude de ce graphe ne permet pas de faire ressortir l'efficacité d'une combinaison de technique par rapport à une autre.

- Impact de l'amendement de tourteau végétal de neem ricin.



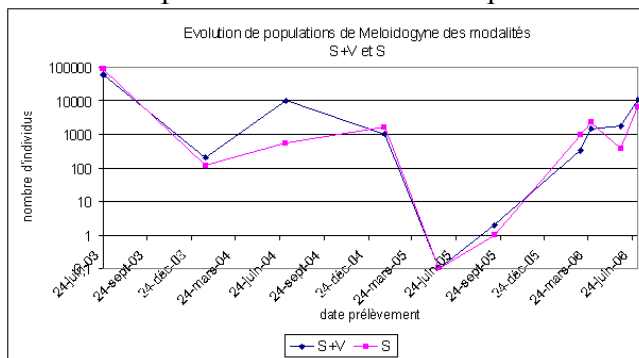
**Cinétique des populations de *Meloidogyne* pour les modalités NR+S et S**



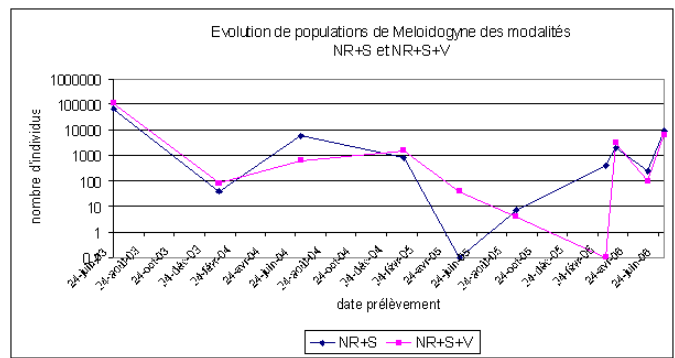
**Cinétique des populations de *Meloidogyne* pour les modalités S+V et NR+S+V**

Les deux graphes ci-dessus ne montrent pas d'effet d'un amendement de tourteau de neem ricin sur la dynamique de population des nématodes par rapport aux parcelles de référence.

- Impact de la désinfection vapeur.



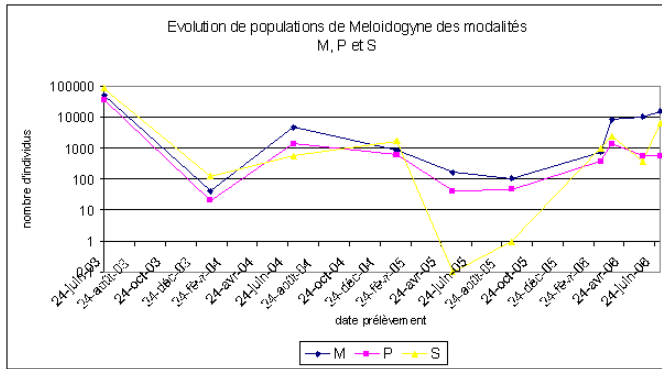
**Cinétique des populations de *Meloidogyne* pour les modalités S+V et S**



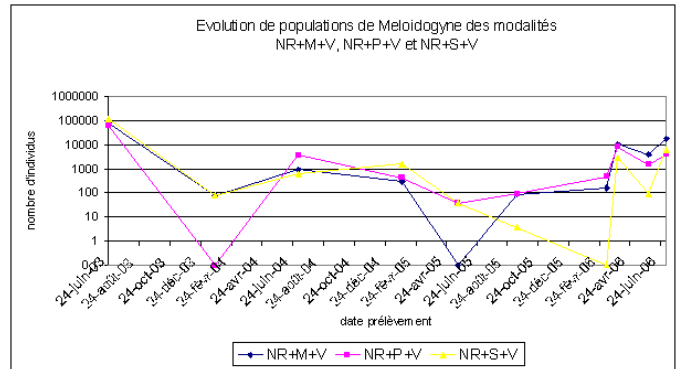
**Cinétique des populations de *Meloidogyne* pour les modalités NR+S et NR+S+V**

Les deux graphes ci-dessus ne permettent pas de faire ressortir de différence entre les parcelles ayant subi une désinfection vapeur et les parcelles référence correspondantes.

- Impact du type d'engrais vert implanté en culture dérobée.



**Cinétique des populations de Meloidogyne pour les modalités M, P et S**



**Cinétique des populations de Meloidogyne pour les modalités NR+M+V, NR+P+V et NR+S+V**

On peut observer une tendance favorable pour *T. patula*, et une tendance plutôt défavorable pour *T. minuta* et le sorgho lorsque ces engrais verts sont implantés seuls. En association avec NR et DV, ces tendances ne sont pas confirmées. Les problèmes importants d'adventices au moment de l'implantation des EVN peuvent expliquer ces résultats.

**4 – CONCLUSIONS - DISCUSSION**

**Tableau synthétique de l'efficacité des combinaisons de techniques testées**

	Rendement	IG relatif	Effectif Meloïgodyne
<b>NR+S</b>	++	+	+
<b>NR+M+V</b>	++	++	--
<b>S+V</b>	--	+	+
<b>NR+P+V</b>	+	-	++
<b>M</b>	-	++	-
<b>B</b>	-	--	++
<b>NR+S+V</b>	+	-	--
<b>S</b>	--	--	-

Les signes sont définis en fonction du classement de la combinaison de technique par rapport aux variables étudiées (class. 1-2 : ++ ; class. 3-4 : + ; class. 5-6 : - ; class. 7-8 : --)

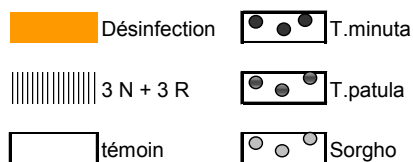
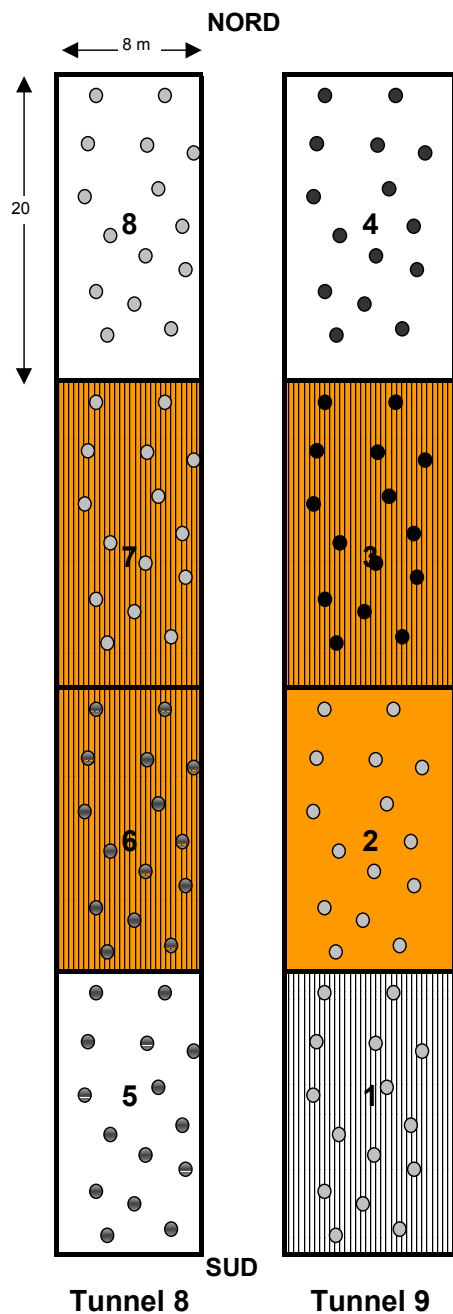
Toutes les combinaisons testées apportent globalement une amélioration par rapport au témoin. Ces améliorations peuvent être observées sur les rendements, les évolutions des dégâts observés et les effectifs de *Meloidogyne*.

Dans les conditions de l'essai mené par le GRAB, les techniques combinées entre elles ne présentent pas une efficacité supérieure aux techniques mises en place de manière indépendante.

Les combinaisons de techniques associant un amendement à base de tourteau de neem ricin, d'une désinfection vapeur du sol et de l'implantation d'un engrais vert nématocide permettent à la fois d'augmenter les rendements et de diminuer les dégâts sur les cultures dus aux nématodes.

L'association de tourteau de neem ricin avec une désinfection vapeur permet une légère augmentation du rendement mais n'a aucun effet sur les dégâts et les populations de *Meloidogyne*.

Plan de l'essai :



Remerciements à D. Menoury, Sopropêche, Kokopelli, GSN semences

ANNEE DE MISE EN PLACE : 2003

ACTION : nouvelle ○

en cours ●

terminée ○

Renseignements complémentaires auprès de : H. VEDIE - GRAB Agroparc BP 1222 84911 Avignon cedex 9 - tel : 04 90 84 01 70 fax : 04 90 84 00 37 - mail : vedie.grab@tiscali.fr

Mots clés du thésaurus Ctifl : nématodes – *Meloidogyne* – tourteaux de neem et ricin - engrais vert nématicide - désinfection vapeur

Date de création de cette fiche : novembre 2006