



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

Hélène VEDIE

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 et s'est poursuivi jusqu'à l'été 2007. Chaque traitement a été réalisé sur les mêmes parcelles élémentaires chaque année.

2- MATERIEL ET METHODES

2-1 Conditions de culture

Site : exploitation de M. Menoury à Mauguio (34). Culture sous tunnel froid 8 m (tunnels 8 et 9).

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).

Cultures : Culture d'automne 2006/2007 : salade : feuille de chêne et batavia blonde
culture de printemps 2007 : potimarron (var. Uchiki kuri)

Planning : Salade : Plantation le 25 octobre 2006 - Récolte le 11 janvier 2007
Potimarron : Plantation le 16 mars 2007 - Récolte le 5 juillet 2007

2-2 Protocole

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

Modalités : **Effet des tourteaux** : comparaison 3N+3R = tourteau de neem (Nématorg®) à 3t/ha + tourteau de Ricin à 3t/ha, à 1 témoin engrais organique (Duetto 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	2007
Epandage tourteaux (3N +3R) et engrais	11 mars	10 février	22 février	31 mars	15 mars
Culture été (Plantation-Récolte)	Melon greffé P: 19/3 - R: 2 au 20/6	Potimarron P: 30/3 R:24/6	Fenouil P: 23/2 R: 19/5	Potimarron P: 14/4 R: 29/6	Potimarron P: 16/3 R: 5/7
Engrais verts (EV) : Semis-Broyage	S: 2/7 - B: 12/9	S: 22/7 - B: 24/9	S: 23/6 - B: 22/7	S: 10/8 - B: 21/9	
Solarisation ⁽¹⁾ (Pose-Enlèvement)			P: 27/7 - E: 15/9 après tagètes	P: 14/7 - E: 8/8 avant tagètes	
Désinfection vapeur	24/10 après engrais verts	15/7 avant engrais verts	9/6 avant engrais verts	20/10 après engrais verts	
Salades (Plantation-Récolte)	P: 5/11 - R: 24/1	P: 28/10 - R: 24/1	P: 25/10 - R: 10/3	P: 25/10 - R: 11/1	

(1) : la solarisation a été introduite en 2005 sur les **parcelles de tagètes uniquement** (parcelles 3,4,5,6) en raison d'un trop fort enherbement par les adventices

- en 2005 : tagètes broyées précocement et suivies par une solarisation
- en 2006 : courte solarisation avant semis tagètes pour limiter la pression adventices

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

TRAITEMENT ⁽¹⁾	PARCELLE							
	Tunnel 9				Tunnel 8			
	1	2	3	4	5	6	7	8
NR	X		X			X	X	
P					X	X		
M			X	X				
S	X	X					X	X
V		X	X			X	X	

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

Mesures/ Observations :

- Arrachage des salades (11/01/2007) : 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).
- Récolte du potimarron (5 juillet) : mesure du **rendement** (pesée de tous les potimarrons dans chaque parcelle élémentaire) - Notation de l'**indice de galle** sur les racines.

3- RESULTATS - DISCUSSION

3-1 Indices de galles (IG)

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.

Le graphique 1 montre la variabilité intra et inter-annuelle de cet indice. 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 celles mesurées sur les cultures de printemps.

Concernant les variations inter-annuelles, on observe plusieurs effets :

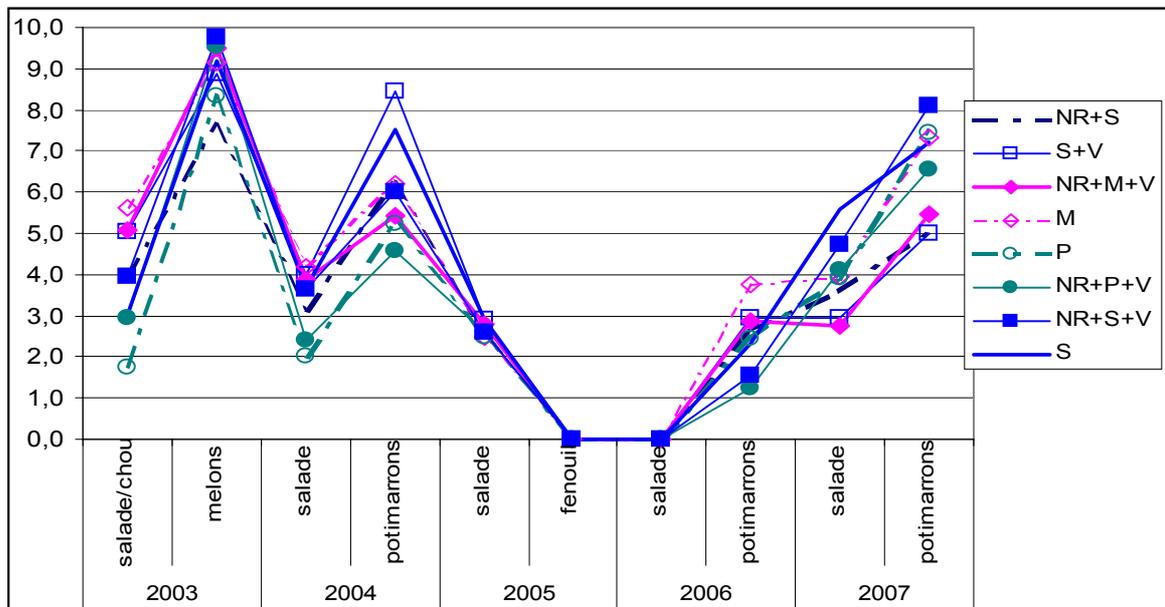
- un effet culture :

le **melon** cultivé en 2003 est très fortement infesté. La canicule de cet été là a vraisemblablement favorisé de développement des nématodes. Le melon est sans doute aussi plus sensible que le potimarron cultivé les étés suivants.

Le fenouil cultivé en 2005 ne présentait pas de galles. Son action de "plante de coupure" est visible sur la salade qui lui a succédé, sans galles non plus, et dans une moindre mesure sur le potimarron de 2006 dont l'indice de galle est plus faible que sur les autres cultures de potimarrons. En 2007, les niveaux d'infestation ont retrouvé des valeurs proches de celles observées avant le fenouil.

- un effet climat :

L'hiver rigoureux en 2005/2006 se traduit (en plus de l'effet précédent fenouil) par l'absence de galles sur salades en 2006, avec une récolte retardée d'un mois et demi. Inversement, l'hiver doux en 2006/2007 se traduit par des infestations assez élevées sur la salade.



Graphique 1 : Evolution des indices de galle bruts (échelle de Zeck, de 0 à 10)

Le représentation graphique des IG bruts ne permet pas une exploitation correcte des données du fait :

- de l'hétérogénéité initiale : indices de galles initiaux mesurés sur salade dans le tunnel 9 (T9) et chou rave (moins sensible) dans le tunnel 8 (T8) + variabilité au sein de chaque tunnel,
- des différences d'IG moyen entre les 2 tunnels d'essai selon les années. En 2007 notamment, le T8 est significativement plus infesté que le T9, sans qu'il y ait d'explication à cette constatation (tableau 1).

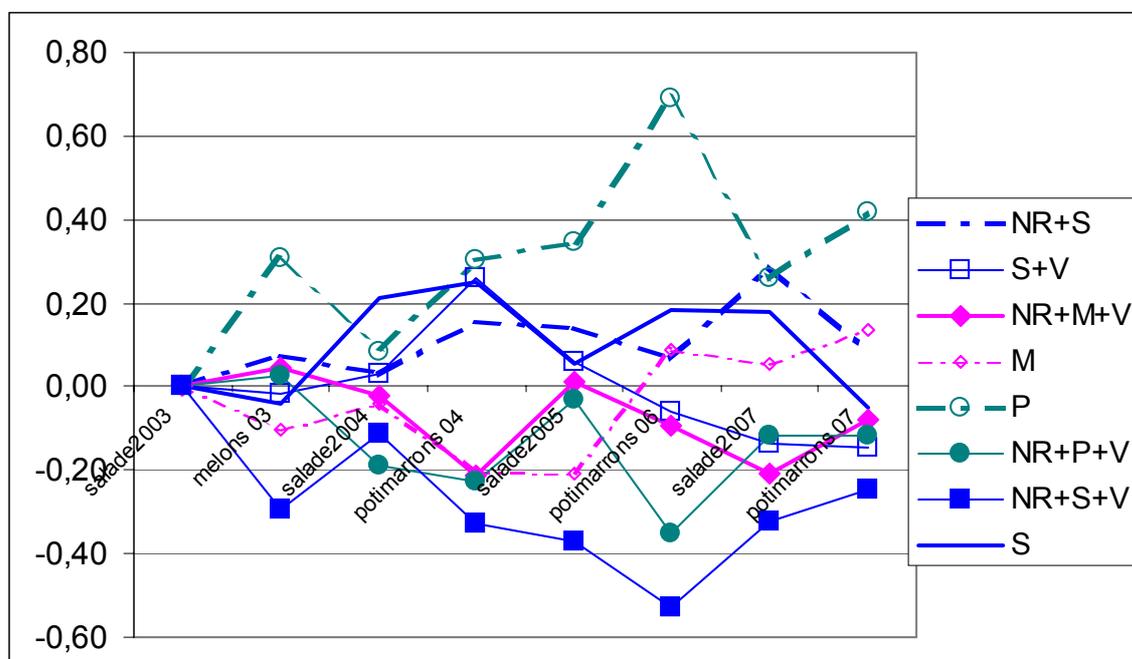
Année	Culture	IG moyen T8	IG moyen T9	Test de Newman-Keuls (p<0,05)
2003	Chou rave/salade	2,9	4,9	S
	Melon	9,2	8,8	-
2004	Salade	2,9	3,8	-
	Potimarron	5,8	6,6	-
2005	Salade	2,7	2,7	-
	Fenouil	0	0	-
2006	Salade	0	0	-
	Potimarron	1,9	3	S
2007	Salade	4,6	3,3	S
	Potimarron	7,3	5,7	-

Tableau 1 : Différences d'IG bruts entre les 2 tunnels d'essai
(S: test statistique significatif au seuil de 5%)

D'où le calcul d'un accroissement d'indice de galles relatif, calculé en faisant le rapport, pour chaque parcelle élémentaire, de l'indice de galle moyen rapporté à l'indice de galle du tunnel de la parcelle, auquel on soustrait ce même rapport à t0 sur l'indice de galles initial (24 janv. 2003, sur salades et chou rave) :

$$\text{Accroissement IG relatif parcelle P à la date t} = \frac{\text{IG Pt}}{\text{IG tunnel t}} - \frac{\text{IG P t}_0}{\text{IG tunnel t}_0}$$

On peut ainsi comparer les évolutions respectives des dégâts observés (graphique 2).



Graphique 2 : Evolution des accroissements d'indices de galle relatifs (indice de la parcelle/indice moyen du tunnel correspondant)

Le graphique fait apparaître les évolutions suivantes :

- la parcelle "tagete patula" (P) est celle dont l'indice de galle augmente le plus,
- la parcelle "tagete minuta" (M) a d'abord vu son IG décroître, mais la tendance s'inverse à partir de 2006. L'évolution est donc globalement peu marquée,
- La parcelle "sorgho" (S), témoin de cet essai, évolue peu, avec une tendance à la dégradation de l'IG,
- L'apport de tourteaux de neem et ricin seul (NR+S) n'améliore pas la situation par rapport au sorgho. De même la désinfection vapeur seule (S+V), bien que supérieure à NR+S, donne des résultats mitigés.
- Les meilleurs résultats sont obtenus sur les parcelles où on a combiné les différentes techniques : NR+S+V, puis NR+P+V et enfin NR+M+V, où les courbes montrent nettement une diminution progressive de l'indice de galle par rapport à l'état initial.

Il ressort donc que parmi les différentes modalités évaluées au terme de 5 années, les engrais verts nématicides *Tagetes patula* et *T. minuta* n'apportent pas d'amélioration par rapport au sorgho, ni seuls, ni en combinaison avec les tourteaux et la vapeur, puisque le traitement NR+S+V donne les meilleurs résultats. Ces résultats peuvent s'expliquer d'une part par le fait que le sorgho n'est pas sensible aux nématodes à galles et d'autre part parce qu'il est très compétitif face aux adventices. En effet, on avait peu d'adventices dans les parcelles de sorgho, alors que les parcelles de tagètes ont été fortement envahies par des adventices dont un certain nombre d'entre elles (chénopodes, amarantes) montraient de nombreuses galles, d'où un effet sans doute compromis des tagètes...

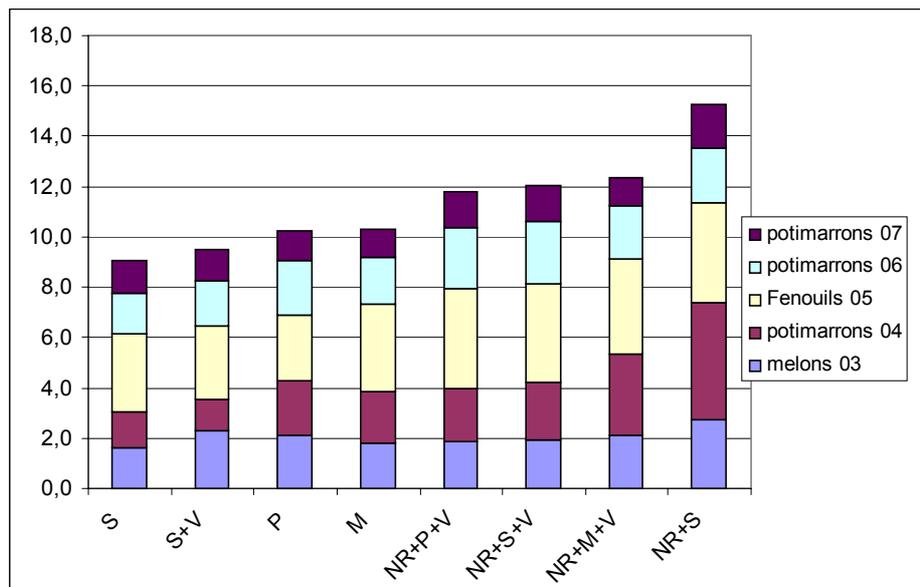
L'apport de tourteaux de neem et de ricin n'apporte pas non plus d'amélioration notable, mais il manque des modalités dans cet essai, les tourteaux seuls n'ayant été évalués que dans une

parcelle (NR+S). De même, l'amélioration apportée par la vapeur seule est insuffisante dans cet essai, mais n'a été évaluée que dans une parcelle (S+V).

Par contre, il ressort nettement que la **combinaison des tourteaux avec un engrais vert et la vapeur permet d'améliorer sensiblement le niveau d'infestation des parcelles** par rapport à leur état initial.

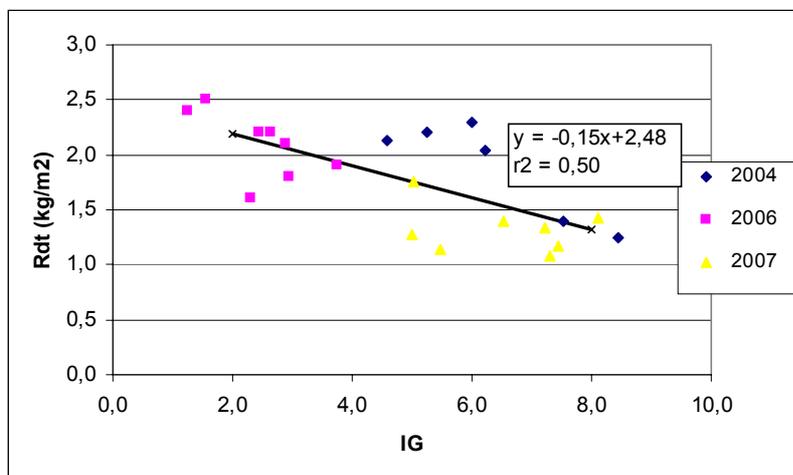
3-2 Rendements

Les mesures de rendement ont été réalisées uniquement pour les cultures d'été, on dispose donc de 5 années de données, correspondant à différentes cultures : melon (2003), potimarron (2004, 2006, 2007) et fenouil (2005) (graphique 3).



Graphique 3 : Rendements bruts cumulés (kg/m²) sur les différents traitements

Les rendements cumulés les plus élevés correspondent aux quatre parcelles ayant reçu les tourteaux de neem et de ricin (NR). Etant donné que la fertilisation a été calculée pour être égale sur toutes les parcelles, on pourrait supposer que la différence observée est liée à un effet sur les nématodes. Cependant, les rendements n'apparaissent que moyennement corrélés ($r^2 = 0,5$) aux indices de galle pour les cultures de potimarron (graphique 4). Les indices de galle mesurés sur le traitement "NR+S" par exemple donnent des résultats plutôt élevés, alors que les rendements sont les meilleurs. Il est donc probable que la minéralisation des tourteaux ait été supérieure à celle de l'engrais utilisé sur les témoins, induisant ainsi de meilleurs rendements.



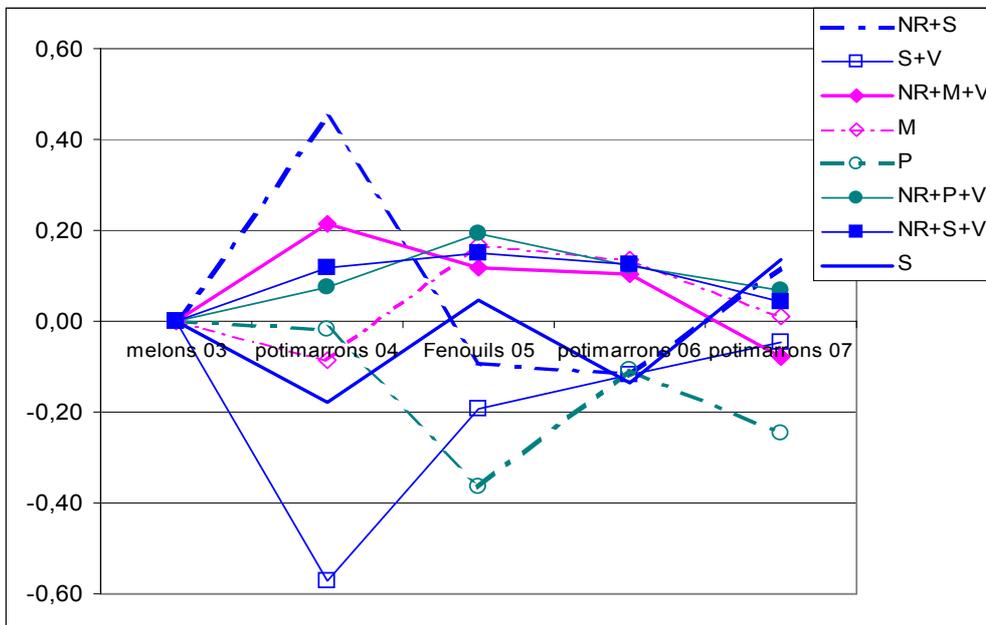
Graphique 4 : Corrélation entre les IG et les rendements observés sur potimarron

Pour comparer les résultats entre eux d'une année sur l'autre (indépendamment des conditions climatiques et des types de culture), on peut utiliser, comme pour les IG, l'accroissement de rendement relatif, correspondant au rapport du rendement de chaque parcelle divisé par le rendement moyen du tunnel auquel on soustrait ce même rapport à t0 sur le rendement initial (juin 2003, sur melon) :

$$\text{Accroissement Rdt relatif parcelle P à la date t} = \frac{\text{Rdt Pt}}{\text{Rdt tunnel t}} - \frac{\text{Rdt P } t_0}{\text{Rdt tunnel } t_0}$$

On constate (graphique 5) que :

- l'effet positif de l'apport des tourteaux sur le rendement est particulièrement net sur la culture de potimarron en 2004, mais qu'il s'amenuise ensuite, notamment sur la parcelle NR+S. Le changement d'engrais organique sur les parcelles témoin à partir de 2005 s'est sans doute traduit par une moindre différence d'alimentation des plantes par rapport aux parcelles recevant les tourteaux,
- les parcelles donnant les **meilleures performances de rendement** sont aussi celles ayant les meilleures évolutions d'indice de galle (NR+S+V, NR+P+V et NR+M+V), et inversement (mauvais résultats sur la parcelle P),
- la parcelle avec les tagètes minuta seules (M) donne des rendements culturaux corrects.



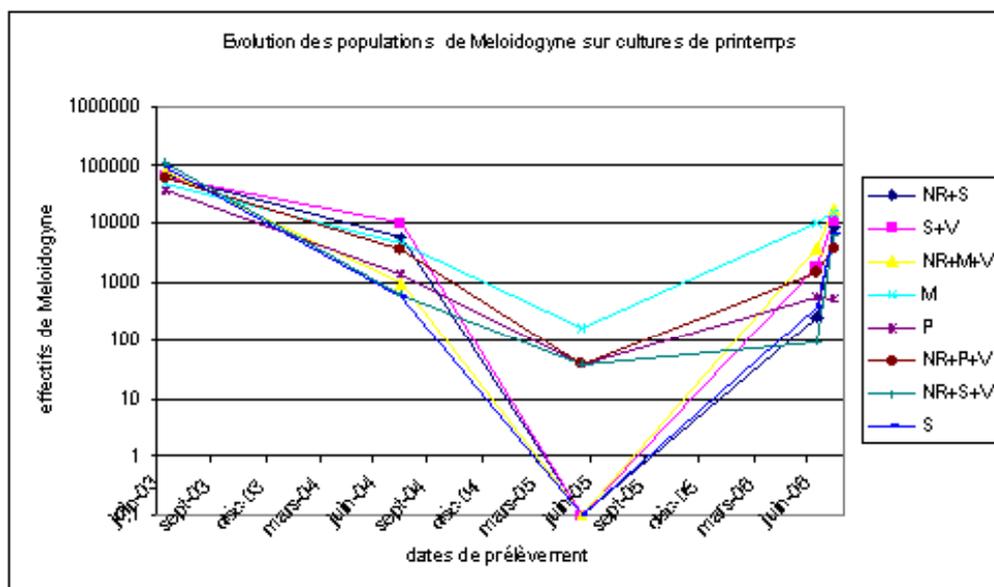
Graphique 5 : Evolution des accroissements de rendement relatif (rendement de la parcelle/rendement moyen du tunnel correspondant)

3-3 Dénombrement des *Meloidogyne*

Les dénombrements ont été réalisés par l'IRD/CBGP de Montpellier, sur les larves au stade L2, (seul stade libre des *Meloidogyne*) entre 2003 et 2006.

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 dm³). Ce niveau de population, atteint sur melon l'année caniculaire 2003, n'a plus été atteint au cours des quatre années suivantes (les populations ne dépassent pas 10 000 individus par dm³ par la suite).

Afin d'avoir un graphique lisible de la cinétique des populations, on utilise une échelle logarithmique.



Graphique 6 : Evolution des populations de *Meloidogyne* sur cultures de printemps

Le graphique 6 présente l'évolution des effectifs de *Meloidogyne* mesurés en fin de 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.

Les tendances d'évolution de population sur les différents traitements sont peu concordantes avec les observations des indices de galle, ce qui limite l'exploitation de ces données : populations plus faibles sur les parcelles P et S par exemple, pour lesquelles les autres indicateurs sont défavorables...

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. Cette forte variabilité limite l'intérêt de cette mesure sur notre essai.

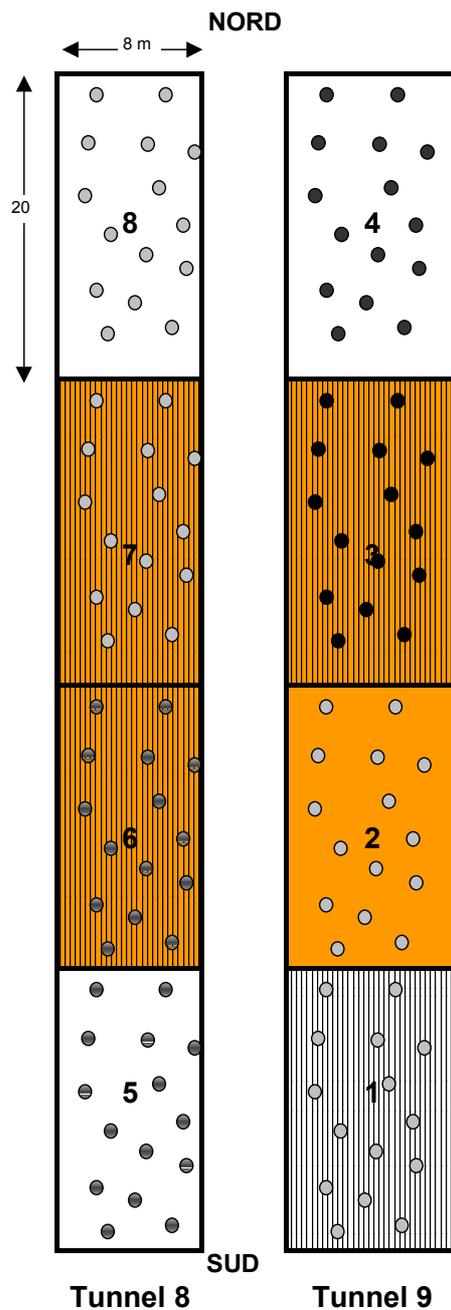
4- CONCLUSIONS - DISCUSSION

Les résultats de cet essai montrent à nouveau que les différentes méthodes utilisées seules sont insuffisantes pour lutter efficacement contre les nématodes du genre *Meloidogyne spp.*, notamment dans ce site très infesté.

L'association de différentes techniques, tourteaux, engrais vert et désinfection vapeur, permet bien d'évoluer vers un assainissement des parcelles, mais l'engrais vert nématicide n'aurait pas un rôle très important, car le sorgho, dans l'association de techniques, permet d'obtenir un résultat équivalent à la tagète patula. La plus ou moins bonne maîtrise des adventices, qui sont hôtes des *Meloidogyne*, a dans doute limité l'effet des tagètes.

L'effet des combinaisons de techniques évaluées ici reste toutefois insuffisant pour limiter l'infestation, l'introduction d'une culture non hôte comme le fenouil a un effet bien supérieur aux différents traitements étudiés. Cette constatation, faite sur un autre essai avec de l'oignon (rapport final GRAB, 2006), montre l'importance de faire des rotations et d'insérer des cultures non hôtes dans cette rotation. L'effet est très net en préventif (résultats obtenus pendant 10 ans sur le site Biophyto par le CivamBio66 et la Centrex), mais semble tout à fait important aussi en curatif. Les travaux doivent donc être orientés en ce sens, en évaluant l'effet à court et moyen terme de différentes plantes de coupure dans les rotations maraîchères méditerranéennes.

Plan de l'essai :



Remerciements à Denis Menoury, maraîcher, T.Mateille (IRD/CBGP) et la société Sopropêche.

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 : helene.vedie@grab.fr

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

Date de création de cette fiche : décembre 2007