

# **ATELIERS THEMATIQUES**

**MERCREDI 17 DECEMBRE**

## **MARAICHAGE**



# OUTIL DE PLANIFICATION DE CULTURES DIVERSIFIÉES

## SOUS ABRI

**Alain Arrufat**

CIVAMBIO66 – 19 Av. de Grande Bretagne - 66025 PERPIGNAN Cedex

Tél. : 04 68 35 34 12 Fax : 04 68 34 86 15 Email : arrufat.civambio.66@wanadoo.fr

### RESUME

Le développement de la production maraîchère en ceinture verte destinée à la commercialisation directe, en grande distribution locale ou en circuits courts, nécessite une approche nouvelle des plannings de production. L'obligation de continuité (pas de rupture d'approvisionnement) pour une offre diversifiée peut être assurée par une mise en place de cultures associées dans une même unité de production. La conduite agronomique (fertilisation, irrigation) et la protection des cultures (risque de transfert de ravageurs) nécessitent une approche innovante prenant en compte les interactions entre les cultures associées.

### INTRODUCTION

Durant l'hiver, il arrive très fréquemment que les agriculteurs soient confrontés à un manque de produits à offrir aux clients avec bien souvent des abris inoccupés durant la même période.

Ces situations préjudiciables à la fidélisation de la clientèle sont révélatrices de la difficulté de planification des cultures.

A la demande de plusieurs maraîchers en circuit court, le Civambio66 a mis en place une action expérimentale sur trois années (2007-2009) visant à la mise au point d'un outil d'aide à la planification des cultures sous abri pour le créneau hivernal. L'idée étant d'élaborer un programme informatique simple donnant les dates de semis, de plantation et les surfaces à planter pour un maximum de légumes à récolter en continu de décembre à juin à partir des besoins hebdomadaires.

A la planification seront rajoutés des conseils d'associations de cultures et tous les aspects techniques tels que le choix variétal, la protection phytosanitaire, la fertilisation, Etc.

Le premier volet de ce travail se limitera aux productions plantées en motte. Dans un souci de simplification toutes les cultures seront mises en place sur un paillage plastique type laitue, macro perforé à 14 trous/m<sup>2</sup>. Une majorité de cultures sont plantées à cette densité (laitues, épinard, fenouil, choux rave, céleri, persil, mini blette). La roquette, la mâche et l'oignon botte seront plantés à 28 mottes/m<sup>2</sup> en rajoutant des perforations supplémentaires sur la ligne. Les chicorées : scarole et frisée pourront être plantées à 7 pieds par m<sup>2</sup> en n'utilisant qu'un trou sur deux ou à la densité de 14 pour les scaroles ce qui permet d'obtenir des pieds de 500g-600g adaptées à la vente directe. Enfin la blette sera plantée à 3,5 pieds par m<sup>2</sup> en ne plantant qu'un trou sur quatre. Le paillage utilisé sera choisi avec une perforation au carré pour permettre ces adaptations.

### 1 DISPOSITIF MIS EN PLACE EN 2007

En 2007 nous avons mis en place 11 cultures récoltées pied entier avec 4 dates de plantation dans un tunnel de 400 m<sup>2</sup> et 5 cultures récoltées en plusieurs coupes et deux dates de plantation dans un deuxième tunnel.

Pour chaque produit plusieurs variétés étaient testées avec une mesure de rendement et de plage de récolte possible pour une date de plantation. Afin de mettre en évidence les éventuels voisinages à risque, chaque culture a eu toutes les autres comme voisine dans le dispositif mis en place. Nous n'avons rencontré aucun problème de voisinage

et pas de problèmes phytosanitaires particuliers hormis le fait, déjà connu, que les choux et les blettes sont attractifs pour les lépidoptères.

Dans nos parcelles multi produits récoltés en une coupe, le décalage des récoltes entre les différents produits peut atteindre deux mois pour une même date de plantation. Cela entraîne des difficultés au niveau de l'irrigation (zones récoltées sur irriguées) et de la gestion de l'espace (remise en culture des parcelles possible après la dernière récolte). Pour éviter ces problèmes, le dispositif mis en place en 2008 a été modifié.

## **2 DISPOSITIF MIS EN PLACE EN 2008**

En 2008, trois types de parcelles ont été retenus : les cultures récoltées pied entier ayant un cycle de culture de durée proche de celui de la laitue, celles ayant un cycle nettement plus long (laitue plus quatre à six semaines) et les cultures récoltées en plusieurs coupes. Un dispositif de validation complémentaire, comprenant trois tunnels, un par type de parcelle est mis en place sur le site expérimental du Civambio66.

Pour les cultures récoltées feuille à feuille ce sont les modalités de coupe qui permettent l'étalement des récoltes.

Au niveau de l'irrigation l'idéal serait d'avoir un secteur par date de plantation mais des adaptations simples (rajout de vannes sur les rampes d'aspersion, changement de buses,...) permettent d'obtenir une qualité de production satisfaisante.

Au terme de deux années d'essai un premier programme de planification est en testé par des producteurs.

## **3 PROGRAMME DE PLANIFICATION TESTE EN 2009**

Le pré programme testé pour validation est réalisé sur la forme d'un fichier Excel, il porte sur une vingtaine de produits.

Son fonctionnement est très simple : après avoir affiché le potentiel de vente pour chaque produit dans le tableau des besoins hebdomadaires (*Tableau 1*), chaque producteur obtient un planning hebdomadaire du nombre de caisses à semer (*Tableau 2*) et des surfaces à planter pour chacun des produits (*Tableau 3*).

Le besoin en semences (*Tableau 4*) et sacs de terreau est également calculé. En complément une fiche technique de chaque culture sera disponible pour préciser les choix variétaux, la protection phytosanitaire et l'itinéraire de culture.

*Tableau 1 – Besoins hebdomadaires*

Céleri	20 kg
Oignon botte	15 Botte
Fenouil	30 Kg
Mini Blette	40 pièces
Scarole (densité 7)	0 pièces
Scarole (desité 14)	20 pièces
Frisée (densité 7)	0 pièces
Frisée (densité 14)	0 pièces
Laitue pommée	48 pièces
Batavia verte	24 pièces
Batavia blonde	0 pièces
Batavia rouge	24 pièces
Laitue autre	0 pièces
Epinard	40 Kg
Choux rave	30 pièces
Mâche	10 Kg
Blette	20 kg
Roquette cultivée	10 kg
Persil	5 kg

**Tableau 2 – Nombre de caisses à semer par semaine**

Culture	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	46	50	51	1	2	3	5	6	9	Total
Céleri	2	2		2									1			1		1			9
Oignon botte	2	2		2		2					2										10
Fenouil				4		5		5			4		4				3		3	3	31
Mini Blette				2		2		2													6
Scarole d7						0		0		0				0	0		0				0
Scarole d14						1		1		1				1	1		1				6
Frisée d7						0		0		0				0	0		0				0
Frisée d14						0		0		0				0	0		0				0
Laitue pommée				2		2	2	2			2	2	2		2						16
Batavia verte				1		1	1	1			1	1	1		1						8
Batavia blonde				0		0	0	0			0	0	0		0						0
Batavia rouge				1		1	1	1			1	1	1		1						8
Laitue autre				0		0	0	0			0	0	0		0						0
Epinard				4		4	5	5			5	5	4		4						36
Choux rave				1		1	1	1			1	1	1		1						7
mâche				6		8		8		8		8	8		6						52
Blette			2																		2
Roquette cultivée					7				7												14
Persil Novas			1			1															2
Persil commun				1																	1
<b>Caisses : Total</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>26</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>26</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>208</b>
Semaine de semi	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	46	50	51	1	2	3	5	6	9	

**Tableau 3 – Surface à planter par semaine**

Culture	39	40	41	42	43	44	45	48	51	2	3	4	6	8	9	12	Total
Céleri		14		14			14						7		7	7	64
Oignon botte		7		7			7	7		7							35
Fenouil		28		35			35	28		28			21		21	21	219
Mini Blette		14		14			14										42
Scarole d7				0			0	0				0	0	0			0
Scarole d14				7			7	7				7	7	7			42
Frisée d7				0			0	0				0	0	0			0
Frisée d14				0			0	0				0	0	0			0
Laitue pommée	14		14		14		14	14	14		14		14				113
Batavia verte	7		7		7		7	7	7		7		7				56
Batavia blonde	0		0		0		0	0	0		0		0				0
Batavia rouge	7		7		7		7	7	7		7		7				56
Laitue autre	0		0		0		0	0	0		0		0				0
Epinard	28		28		35		35	35	35		28		28				254
Choux rave	7		7		7		7	7	7		7		7				49
mâche			21		28		28	28	28		28		21				183
Blette		56															56
Roquette cultivée		25				25											49
Persil Novas		7			7												14
Persil commun																	7
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>152</b>	<b>92</b>	<b>78</b>	<b>106</b>	<b>25</b>	<b>176</b>	<b>141</b>	<b>99</b>	<b>35</b>	<b>92</b>	<b>7</b>	<b>113</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>1242</b>
Semaine de plantation	39	40	41	42	43	44	45	48	51	2	3	4	6	8	9	12	Total
Cultures longues	0	64	0	78	0	0	78	42	0	35	0	7	35	7	28	28	402
Cultures courtes	64	0	85	0	99	0	99	99	99	0	92	0	78	0	0	0	713
Plusieurs coupes	0	88	7	0	7	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127

**Tableau 4 – Besoins en semences**

	Nombre de graines	Poids en g	
		mini	maxi
Céleri	936	0,33	0,37
Oignon botte	3120	12,48	12,48
Fenouil	3224		
Mini Blette	624	6,93	10,40
Scarole d7	0		
Scarole d14	624		
Frisée d7	0		
Frisée d14	0		
Laitue pommée	1664		
Batavia verte	832		
Batavia blonde	0		
Batavia rouge	832		
Laitue autre	0		
Epinard	7488	74,88	115,20
Choux rave	728	2,91	4,28
mâche	54080	54,08	77,26
Blette	208	2,31	3,47
Roquette cultivée	18928	37,86	37,86
Persil Novas	1248	1,78	2,08
Persil Commun	624	0,89	1,04

L'outil de planification présenté est un prototype en cours d'évaluation, des modifications sont apportées régulièrement en fonction des tests en cours. Au terme de cette dernière année de validation le programme sera diffusé aux maraîchers Bio du Roussillon.

Une adaptation des calendriers aux principales zones climatiques de la région pourra être réalisée par chaque Civambio départemental. Les structures de développement de régions climatiquement proches (Sud Ouest, PACA) pourront créer des adaptations locales à partir de leurs références.

# DIAGNOSTIC NODULAIRE DU HARICOT VERT EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE DANS LE DEPARTEMENT DE L'HERAULT

*Emile Fabienne<sup>1</sup>, Elodie Bernard<sup>1</sup>, Johan Crance<sup>1</sup>, Catherine Pernot<sup>2</sup>, Hélène Vailh  ,  
Hesham Hamza<sup>2</sup>, Jean-Jacques Drevon<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>CIVAM BIO 34, <sup>2</sup>INRA-IRD-SupAgro UMR1222, 2 Place Viala. 34060 Montpellier, France.*

## RESUME

Un diagnostic nodulaire sur des haricots verts cultivés en agriculture biologique dans des exploitations maraîchères du département de l'Hérault a été réalisé de 2006 à 2008. La variabilité de croissance nodulaire observée sur les 3 années d'expérimentations est très forte, autant intra-, qu'inter- parcelles, et inter-annuelle. Une relation positive entre la croissance nodulaire et la croissance aérienne de la variété Pongo est observée lorsque le poids moyen des nodules est supérieur à 15 mg pl<sup>-1</sup>. Les mesures de P Olsen dans les sol proches des racines nodul  es en 2008 mettent en évidence que plus le poids des nodules par plante est élevé, plus la quantité de phosphore bio-disponible est importante. Cette conclusion rend l'utilisation de légumineuses prometteuse dans la lutte contre la baisse de la bio-disponibilité du phosphore des sols en agriculture biologique.

## INTRODUCTION

Le haricot vert est une culture très répandue en maraîchage, particulièrement en agriculture biologique. Dans le département de l'Hérault, on estime que deux tiers des maraîchers bio produisent du haricot vert en systèmes de vente directe. Pour ces agriculteurs le haricot se situe en troisième position sur les quatre légumes d'été constituant la moitié de leur chiffre d'affaire.

Le haricot est une légumineuse (famille des *Fabaceae*). Il peut fixer l'azote atmosphérique grâce à la symbiose avec un rhizobium (bactérie du sol de la famille des *Rhizobiaceae*). Cette symbiose se caractérise par la formation de nodules sur les racines. Elle est souvent limitée par des facteurs abiotiques tels que l'excès d'azote, les carences en phosphore et autres nutriments, la toxicité de métaux lourds, ou des facteurs biotiques tels que des attaques de sitons, et parfois par l'absence ou l'inefficacité de rhizobium natifs (Metral *et al.*, 2001).

Le maraîchage en production biologique pratique des rotations et l'intégration d'engrais verts avec des légumineuses en raison en particulier de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique. Or le coût des engrais azotés en maraîchage biologique est élevé. Il s'y ajoute le risque de pollution des eaux par la lixiviation des nitrates. Une meilleure connaissance de la FSN au champ constitue donc un enjeu économique et environnemental pour les maraîchers bio.

Les processus de la fixation symbiotique de l'azote (FSN) sont très étudiés en laboratoire mais ils sont rarement quantifiés dans l'écosystème du champ cultivé. Alors qu'une évaluation des relations entre la nodulation et les éléments du sol pourrait donner lieu à une sélection variétale de symbioses efficaces contribuant à optimiser la gestion de la fertilisation. L'enjeu est considérable à l'échelle mondiale puisque les légumineuses sont une nourriture de base pour la majorité des populations, en particulier dans les pays en voie de développement où les engrais minéraux sont peu accessibles.

Plus particulièrement, les relations entre la nodulation et la dynamique du phosphore dans le sol pourraient être un enjeu immédiat de l'agriculture biologique. Il apparaît en effet que les sols des exploitations en polyculture converties à l'agriculture biologique contiennent de moins en moins de phosphore bio-disponible, directement assimilable par les racines (Morel *et al.*, 2006).

Dans cet article, nous traitons des résultats de trois années d'observation multilocale de la nodulation du haricot dans un réseau de parcelles de maraîchers bio de l'Hérault, avec un protocole expérimental basé sur des analyses de sol et de plantes. Nous mettons en évidence une corrélation entre croissance nodulaire et croissance aérienne des plantes. Nous montrons l'influence de la nodulation sur la bio-disponibilité du phosphore du sol. Nous concluons que les interactions de la FSN avec la dynamique des éléments du sol et avec le rendement des légumineuses méritent d'être mieux connues.

## **1 MATERIEL ET METHODES**

### **1.1 Matériel biologique**

Les expérimentations sont réalisées sur la variété Pongo, variété de haricot vert fin filet nain. Celle-ci est communément utilisée par les maraîchers agrobiologiques de l'Hérault. Les semences, issues de l'agriculture biologique, sont non inoculées.

### **1.2 Dispositif expérimental**

Les plantes en observation sont intégrées à une parcelle destinée à la production. Les parcelles en observation, appelé site, sont réparties dans des exploitations maraîchères situées dans 4 zones pédoclimatiques du département de l'Hérault (Figure 1). Chaque site est considéré comme une répétition. Une parcelle comporte vingt plantes en test et des plantes destinées à la production.

Parmi les 10 parcelles, 5 ont été reconduites en 2006 2007 et 2008. Pour ces dernières, malgré le fait que ce ne soit pas exactement le même emplacement d'une année sur l'autre du fait des rotations, on considère qu'il s'agit d'un même site pour les 3 ans (3 placettes très proches et faisant partie d'une même parcelle). Chaque exploitation compte une à deux parcelles distinctes, différent par leur précédent cultural et leurs conditions pédoclimatiques.

### **1.3 Mesures de biomasse**

Les plantes de haricot sont prélevées dans chaque site au mois de juillet, au stade de développement R6-R7, «pleine floraison - initiation des gousses». Elles sont sectionnées au niveau du collet et les parties aériennes sont placées à l'étuve à 75 °C pendant 48 h avant d'être pesées pour déterminer la matière sèche aérienne (MSa). Les nodules de chaque plante sont comptés (NBnod) puis séchés à l'étuve à 75 °C pendant 48 h avant d'être pesés pour déterminer la matière sèche nodulaire (MSnod).

### **1.4 Dosage de phosphore**

Les prélèvements de sol en vue des analyses du phosphore total (Ptot), du phosphore disponible (Pdisp) et du  $pH_{eau}$  sont réalisés i) avant le semis au stade T0 à raison d'un échantillon par parcelle, ii) au stade R6 dans l'inter-rang, un échantillon par parcelle, ainsi que iii) dans le sol de la rhizosphère, prélevé en même temps que les 20 plantes, regroupé après le dénombrement des nodules.

Les dosages de P sont réalisés par la méthode colorimétrique vanado-molybdate (AFNOR, 1969), après minéralisation pour le Ptot, ou extraction au  $CaCl_2$  (Olsen) pour le Pdisp du sol.

### **1.5 Traitement des données et diffusion des résultats**

Les résultats de plante sont saisis et traités sous tableur Excel pour en déterminer la moyenne et l'écart-type, ainsi que les courbes de régression entre deux paramètres. Les moyennes sont comparées 2 à 2 selon le test de Student. Les corrélations sont établies selon l'analyse de variance à un facteur. L'effet génotypique est analysé selon le test en blocs de Fischer.



Le bilan des expérimentations est diffusé aux maraîchers participants lors d'une journée de restitution chaque année, entre septembre et février.

## **2 RESULTATS**

### **2.1 Croissance nodulaire hétérogène**

La Figure 2 est composée de 3 graphiques illustrant les variations de nodulation obtenues en fonction des parcelles, chaque graphique correspondant à une année. On observe tout d'abord une variabilité spatiale intra-annuelle. En 2006, les moyennes de matière sèche nodulaire par plante (MSnod  $pl^{-1}$ ) et par site varient de 4,6 à 154,4 mg par plante. La moyenne de nodulation des plantes pour l'ensemble des parcelles est de 54,45 mg MSnod  $pl^{-1}$ . En 2007 la moyenne de nodulation des plantes pour l'ensemble des sites est de 1,9 mg de MSnod  $pl^{-1}$  avec un maximum de 4,05 mg  $pl^{-1}$  et un minimum de 0. En 2008, la moyenne globale est de 48,5 mg de MSnod  $pl^{-1}$ . La moyenne des MSnod atteint 143,18 mg  $pl^{-1}$  à Agde P1 tandis qu'aucune nodulation n'est observée sur la parcelle Aspiran2.

La valeur des écarts types pour chaque parcelle est importante. Au Pouget en 2006 par exemple, la MSnod minimum d'une plante est de 60 mg contre 250 mg au maximum, avec un écart type de 98 mg. Pour certaines parcelles, la masse des nodules d'une plante peut être très faible à nulle à proximité d'autres plantes moyennement nodulées. En 2007 la variabilité intra parcelle est plus faible : l'écart type le plus élevé est de 3,9 mg pour les plantes de la parcelle du Pouget. En 2008 la variabilité intra parcelle est forte : l'écart type le plus élevé est de 96,82 mg pour la parcelle Agde p3.

En comparant les moyennes de MSnod  $pl^{-1}$  d'une année sur l'autre, on remarque qu'il existe également une variabilité temporelle inter annuelle. Par exemple, pour la parcelle Agde p1, la moyenne de masse des nodules par plante est de 77,4 mg en 2006, 4,2 mg en 2007 et 143,2 en 2008. La comparaison inter annuelle montre que l'année 2007 se distingue par une nodulation très faible à nulle. Par contre, les ordres de grandeurs des résultats de 2006 et 2008 sont comparables.

A partir de ces résultats, il est possible de constituer 2 groupes de parcelles. Le premier groupe comprend les parcelles pour lesquelles les plantes ont connu une nodulation effective avec une MSnod moyenne supérieure à 46 mg  $pl^{-1}$ . Le deuxième groupe comprend les parcelles pour lesquelles la nodulation est faible à nulle (de 15 à 0 mg de MSnod  $pl^{-1}$ ). En comparant les résultats de 2006 et 2008, on constate que l'on retrouve les mêmes groupes de parcelles. Ainsi les parcelles Le Pouget, Agde p1 et Aspiran1 font partie du groupe 1 en 2006 et 2008. De ce groupe feraient aussi partie la parcelle Bédarieux, qui n'est plus étudiée qu'en 2006, et la parcelle Agde3, qui n'est étudiée qu'en 2008. De la même façon, les parcelles Causse p1 et Agde p2 constituent le groupe 2 en 2006 et 2008, auquel s'ajoutent les parcelles Aspiran 2 et Roujan à partir de 2008.

### **2.2 Variabilité de la croissance aérienne**

Pour chaque année d'essai, la Figure 3 représente les masses moyennes de matière sèche aérienne par plante (MSa  $pl^{-1}$ ) pour chaque parcelle. En 2006, la croissance aérienne moyenne des plantes est de 10,89 g de MSa  $pl^{-1}$  pour les 8 parcelles confondues. A Causse p1, la croissance aérienne atteint 17,93 g MSa  $pl^{-1}$ . En 2007, la moyenne de toutes les parcelles est de 6,07 g MSa  $pl^{-1}$ , avec pour extrêmes 10,63 g MSa  $pl^{-1}$  pour la parcelle Aspiran p2 contre 1,92 g MSa  $pl^{-1}$  pour la parcelle Agde p2. Les résultats de croissance aérienne obtenus en 2008 sont très proches de ceux de 2007 : la moyenne de toutes les parcelles est de 5,68, g MSa  $pl^{-1}$ , le maximum est de 12,21 g MSa  $pl^{-1}$  pour Agde p1, et le minimum est de 1,12 g MSa  $pl^{-1}$  à Roujan.

Cependant, on observe une importante hétérogénéité en sein même de la parcelle avec un écart-type de 9,91 g MSa  $pl^{-1}$  en 2006. Le minimum de croissance est atteint par les plantes de la parcelle Agde p2 avec une moyenne de 5,03 g MSa  $pl^{-1}$ . Ce faible écart-type montre

une croissance des plantes de cette parcelle plus homogène que leur nodulation. En 2007 et 2008 les écarts-types montrent une hétérogénéité pour les parcelles dont les plantes sont en moyenne bien développées et une homogénéité lorsque la croissance aérienne est relativement faible (inférieure à 5 g MSa pl<sup>-1</sup>).

Ainsi, la croissance aérienne des haricots est variable d'une parcelle à l'autre et d'une année à l'autre, sans pour autant connaître d'aussi grandes variations que la nodulation. Les résultats moyens d'une année sur l'autre sont du même ordre de grandeur.

### 2.3 Relation entre croissance aérienne et croissance nodulaire

Sur la Figure 4 sont portées en ordonnée la croissance aérienne et en abscisse la croissance nodulaire pour toutes les parcelles en observation en 2006. Elle montre qu'aucune corrélation n'existe entre ces deux variables. Cependant, on peut y distinguer les parcelles représentées ci-dessus par le groupe 2, pour lesquelles la nodulation, inférieure à 26 mg MSa pl<sup>-1</sup>, ne semble pas pouvoir expliquer les variations de croissance aériennes de 5 à 17 g MSa pl<sup>-1</sup>. En revanche on peut observer une tendance de corrélation positive entre la croissance aérienne et la nodulation des parcelles du groupe 1. Il apparaît une droite de régression : pour les plantes de ces parcelles, une augmentation de la matière sèche nodulaire entraînerait une augmentation de la matière sèche aérienne.

Si en 2007, aucune corrélation entre croissance nodulaire et croissance aérienne des plantes n'a pu être établie (coefficient de corrélation de 0.02), en revanche il existe une corrélation significative (coefficient de 0,69), entre le développement des nodules sur les racines de la plante et le développement de la partie aérienne pour toutes les plantes des parcelles en essais en 2008, groupes 1 et 2 confondus (Fig 4B). Pour ces parcelles, une augmentation de la nodulation entraîne une augmentation de la croissance aérienne des plantes.

*On observe également, sur ces deux figures, que la dispersion des parcelles pour lesquelles la nodulation est faible est toujours plus importante que celle des parcelles du groupe 1.*

*Cette dispersion, moins flagrante en 2008 qu'en 2006, montre qu'il est délicat de corrélérer nodulation et développement aérien pour les plantes de ces parcelles.*

## 3 DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Un résultat essentiel de ces 3 années d'observation est que la nodulation est extrêmement variable selon les parcelles et selon les années. Les nombreux facteurs susceptibles d'expliquer ces variations peuvent également expliquer les variations de développement aérien des plantes. Mais la nodulation est en général plus sensible aux faibles températures, aux manques d'eau, et est plus exigeante en certains éléments comme le phosphore.

En agriculture, les conditions pédologiques d'un sol sont liées aux pratiques culturales. La structure et la composition chimique d'un sol sont dépendantes des travaux réalisées et de la fertilisation apportée. L'itinéraire technique suivi par le maraîcher a lui aussi une influence importante sur la culture. Les dates de semis, la méthode d'irrigation, la gestion des adventices sont des facteurs pouvant influencer la nodulation, et la croissance des plantes lorsqu'elle dépend de la symbiose.

D'après les relevés météorologiques, la faible nodulation des plantes observée en 2007 pourrait s'expliquer par de faibles températures, ou une forte hydrométrie qui aurait limité l'oxygénation de la rhizosphère qui est nécessaire au développement de la symbiose. En revanche, cette faible nodulation ne peut s'expliquer par un faible développement des plantes qui serait du à de mauvaises conditions climatiques, puisque les résultats de croissance aérienne en 2007 sont comparables à ceux de 2008.

La corrélation positive entre la croissance nodulaire et la croissance aérienne du haricot suggère que des conditions environnementales et des pratiques culturales pour une

nodulation optimale permettraient d'augmenter les rendements. Une telle relation a parfois été observée en grande culture du haricot grain en Lauragais mais elle est moins fréquente qu'en culture maraîchère (Drevon et al., 2003). D'après les résultats, le seuil de nodulation à partir duquel la relation entre croissance aérienne et croissance nodulaire apparaît serait voisin de  $15 \text{ mg pl}^{-1}$ .

Pour conclure, cette relation peut constituer une avancée dans le domaine du maraîchage car elle montre que la sélection de variétés nodulant bien, ou la réunion de conditions culturales favorisant la nodulation des plantes influencerait sur le rendement. Dans la poursuite de ces expérimentations, il conviendrait de quantifier plus précisément les mécanismes de la nodulation afin d'étudier la complexité des relations entre la nodulation, la dynamique des éléments du sol, les conditions climatiques et les interventions anthropiques pour obtenir une nodulation optimale des haricots.

## BIBLIOGRAPHIE

- METRAL R., DREVON J.J., 2001- Facteurs limitant le rendement du haricot. *Grain Legume*, n°53.
- MOREL C., LE CLECH B., LINIERES M., PELLERIN S. - 2006 Gare à la baisse de la biodisponibilité du Phosphore. *Alter Agri*, n°79.
- PELLERIN S., LE CLECH B., MOREL C., LINIERES M., 2003. Gestion de la fertilité phospho-potassique en agriculture biologique : questions posées et premiers résultats. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, n°89, 30-34.
- DREVON J.J., BOYER G., METRAL R., PAYRE H., POULIQUEN R. 2003. Enquête agronomique sur la nodulation du haricot en Lauragais. In: *Fixation Symbiotique de l'Azote et Développement Durable dans le Bassin Méditerranéen*. INRA Les Colloques, Paris, n°100, 141-148.

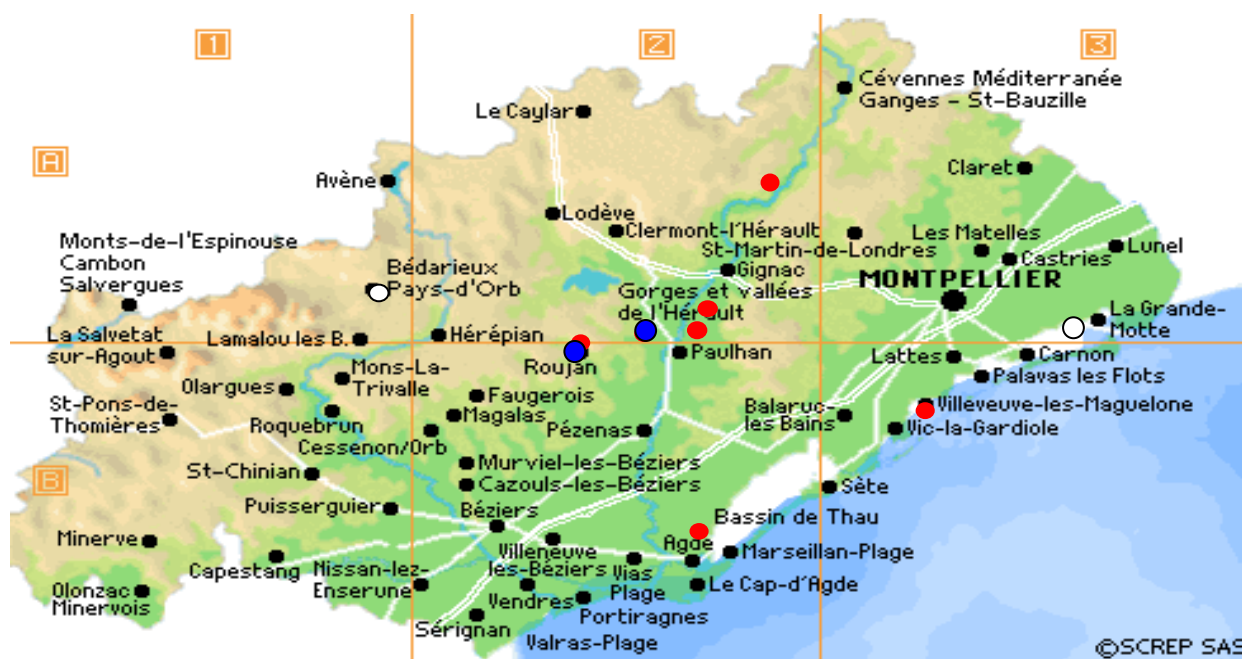
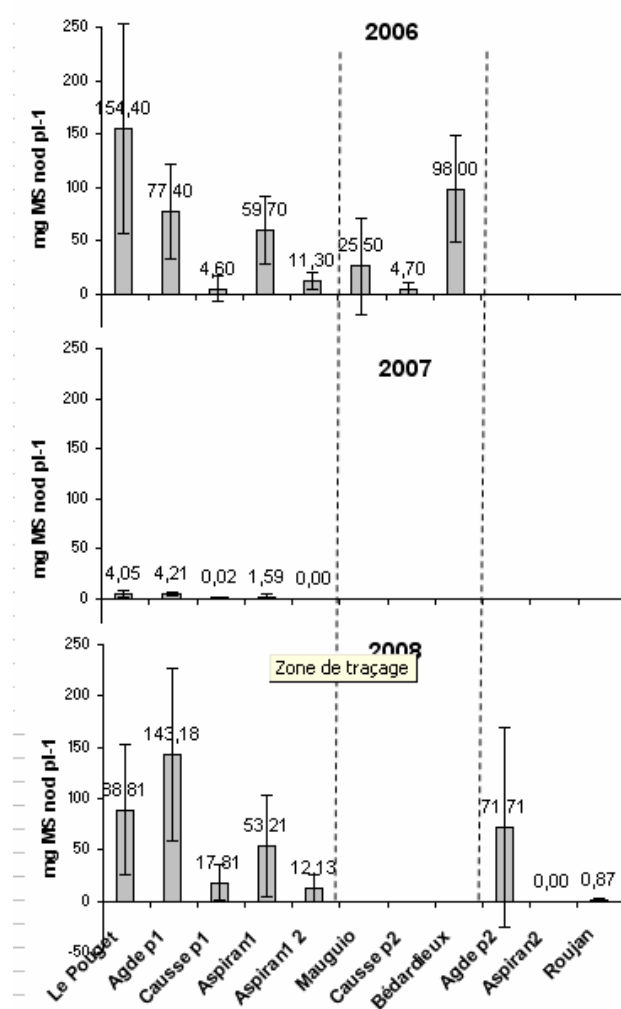
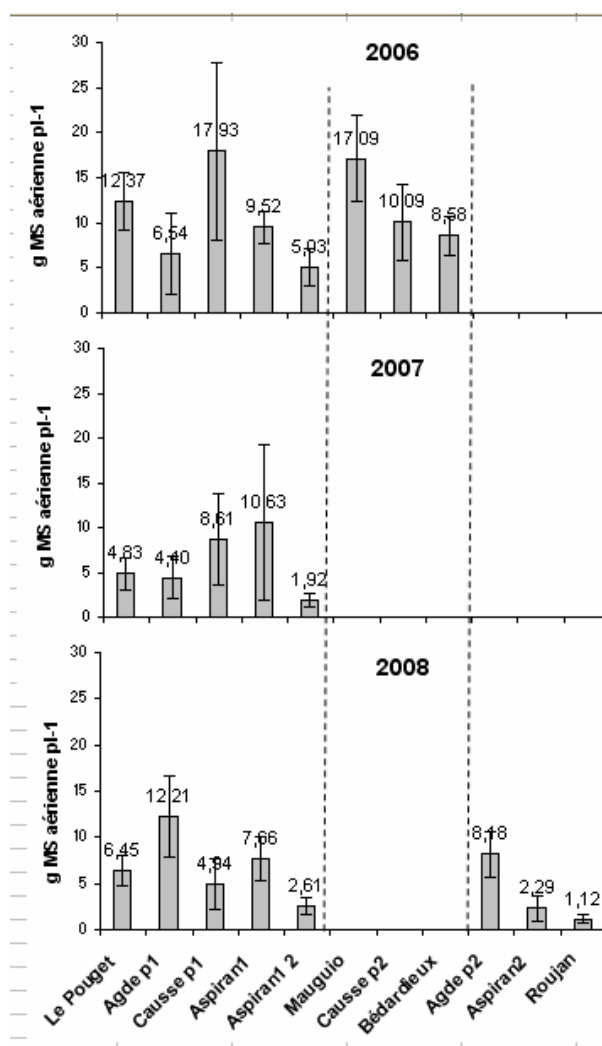


Figure 1 : Localisation des parcelles en expérimentation en 2008



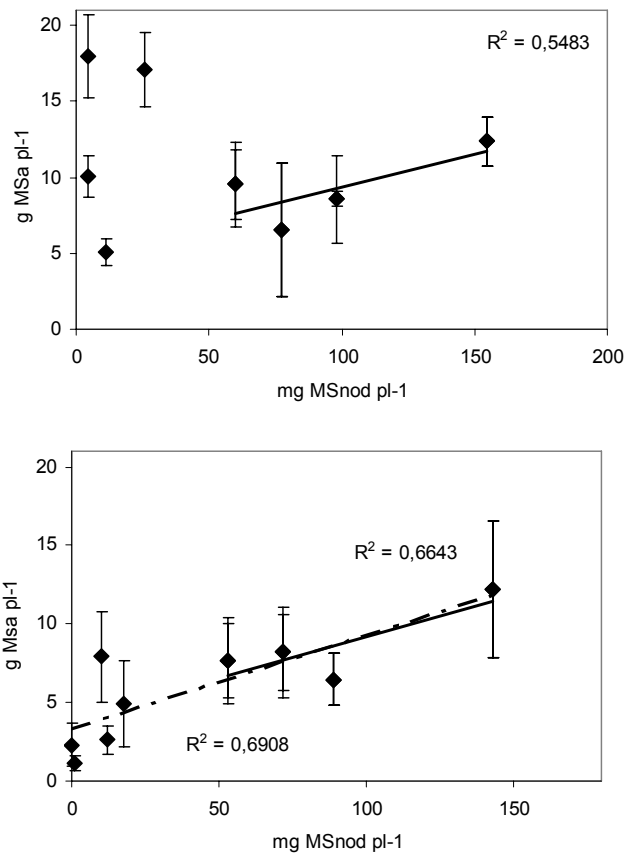
**Figure 2 : Croissance nodulaire de 2006 à 2008**

Masse sèche moyenne des nodules par plante mesurée sur des haricots verts (variété Pongo) en 2006, 2007 et 2008 sur des parcelles non fertilisées. Moyennes obtenues sur 10 à 20 plantes de chaque parcelle. Pas de valeur signifie pas d'essais sur la placette pour l'année donnée .



**Figure 3 : Croissance aérienne de 2006 à 2008**

Masse moyenne de la matière sèche aérienne par plante mesurée sur des haricots verts (variété Pongo) en 2006, 2007 et 2008 sur des parcelles non fertilisées. Moyennes obtenues sur 10 à 20 plantes de chaque parcelle. Pas de valeur signifie pas d'essais sur la placette pour l'année donnée.



**Figure 4 : Croissance nodulaire en fonction de la croissance aérienne en 2006 et 2008.** Poids moyens de matière sèche aérienne par plante en fonction des poids moyens de nodules par plante. Variété Pongo, placettes non fertilisées. Moyennes sur 10 plantes en 2006 et 20 plantes en 2008. Chaque point correspond à une parcelle

# VARIETES DE TOMATES – BILAN DES TRAVAUX DU GRAB EN CULTURE BIOLOGIQUE SOUS ABRIS

**Catherine Mazollier**  
GRAB  
[catherine.mazollier@grab.fr](mailto:catherine.mazollier@grab.fr)

**GRAB**  
Groupe de Recherche  
en Agriculture Biologique

**Variétés de tomate**  
**Bilan des travaux du GRAB**  
**en culture biologique sous abris**



Journées techniques fruits et légumes biologiques ITAB/GRAB/FRAB LR  
Montpellier 16 et 17 décembre 2008  
Catherine MAZOLLIER  
Groupe de recherche en agriculture biologique  
avec la collaboration des salariés et stagiaires du GRAB



**La production biologique de tomate dans le Sud Est :**

- essentiellement réalisée sous tunnels froids
- choix variétal : **semences biologiques ou conventionnelles non traitées** (sur dérogation)
- variétés disponibles : très nombreuses ...
- les questions des producteurs :
  - rentabilité de la culture ?  
**rendements, défauts et déchets ...**
  - qualité gustative des nombreuses variétés ?
  - quels types variétaux ?
  - quels modes de commercialisation ?

2

**Le circuit long :** (expédition)  
impose une **très bonne qualité commerciale :**

- très bonne fermeté, fruits unicolores
- forme et coloration régulières, absence de défaut
- ⇒ **choix variétal :** variétés *mid life* ou *long life* :  
**Brenda, Paola, Pétula, Cindel ...**
- ⇒ **caractéristiques :**
  - bon rendement commercial : peu de déchets
  - nombreux gènes de tolérances aux maladies et nématodes
- **mais qualité gustative souvent décevante**



**Le circuit court :**  
grossistes & détaillants, vente directe, "paniers "

→ le consommateur veut non seulement du "**bio**", mais aussi du "**bon**", et si possible **assez beau** !...

⇒ **demande beaucoup plus diversifiée**  
**= large gamme variétale :**

- **variétés classiques :**  
midlife, à fruits bien ronds, unicolores, à bonne fermeté mais de qualité gustative « moyenne » : **Brenda** (semences bio)  
**Paola** (semences non traitées) ...



4



### Le circuit court :

grossistes & détaillants, vente directe, "paniers "

▪ **variétés "traditionnelles"** : Cobra/Delizia/Montfavet/St Pierre

- fruits rouges ronds ou plats, à collet vert
- fermeté moyenne, risque > de fentes
- de qualité gustative > variétés classiques ?

= **variétés plus ou moins récentes, avec ou sans résistances génétiques**



Delizia (Clause)



### Le circuit court :

grossistes & détaillants, vente directe, "paniers "

▪ **variétés "anciennes"** :

→ **diversité** :

▪ **de forme** : Coeur de Boeuf...

▪ **de couleur** :

fruits roses, noirs, vert, zébrés..

→ **peu de résistances génétiques**

→ **fruits plus fragiles ?**

→ **rendement commercialisable potentiel ?**

→ **qualité gustative ?**



6

**Bilan : connaissances actuelles incomplètes sur ces variétés hybrides ou « populations »**

→ Étude par le GRAB depuis 2005 en culture biologique sous abri froid pour évaluer et sélectionner les variétés :

- **Disponibles** en semences biologiques ou en semences conventionnelles non traitées
- **Rustiques** et/ou pourvues de **tolérances génétiques**
- **Assurant** :
  - Une bonne qualité **gustative**,
  - Des fruits assez « **solides** »
  - Un rendement **commercial** satisfaisant

7

### TOMATE EN CULTURE BIOLOGIQUE

#### SOUS TUNNEL FROID :

Depuis 2005, 4 essais variétaux : **98 variétés testées** : sur la station du GRAB (Avignon)

**Conditions de culture similaires :**

- **culture** palissée, plants **francs**
- **densité** : 2.25 plants/m<sup>2</sup>
- **plantation** : vers 1/04
- **récolte** : début juin à septembre-octobre
- Mesures de **rendement** et **qualité** : début juin à début août (2 mois)
- **ferti de fond** (moyenne) : 150 N -80 P - 250 K - 80 Mg



## MESURES ET OBSERVATIONS

- observations des plantes :  
vigueur, nouaison, hauteur ...
- mesures de rendement :  
2 mois (début juin à début août) :
  - ❑ 3 récoltes hebdomadaires
  - ❑ rendement total commercialisable et 1<sup>er</sup> choix
  - ❑ poids moyen des fruits (1<sup>er</sup> choix)
  - ❑ taux de 2<sup>ème</sup> choix et causes de déclassement :
    - Défauts de coloration : blotchy ripening, plages jaunes ....
    - Déformations (fruits fasciés) et fentes
  - ❑ fruits à collet vert non déclassés
- qualités gustative et visuelle (maison de la Bio)

## Principaux défauts : 2ème choix

### Défauts de coloration



Blotchy ripening

### fentes



### Défauts de forme



Fruits fasciés

défauts sans  
déclassement  
en 2ème choix  
Collet vert



Les déchets :  
nécrose apicale



## Description des principales variétés étudiées :

Variétés hybrides F1 ou populations

Tolérances génétiques

Disponibilité en semences biologiques  
ou en semences conventionnelles non traitées


Caractéristiques des fruits

Vigueur, rendement, précocité ...


Qualités gustative et visuelle



## Les rondes rouges classiques :




Type variétal	nb	Principales variétés
<p><u>rondes midlife</u> <u>unicolores</u> hybrides F1 uniquement avec de nombreuses résistances génétiques : TomV, V, Fol, For, Ff, M, TSWV semences biologiques ou conventionnelles non traitées</p>	14	<p><u>Brenda</u>, <u>Sarnia</u>, Paola ...</p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Bonne vigueur, précocité moyenne, bonne nouaison</li> <li>❑ assez bon rendement (9 à 11 Kg/m<sup>2</sup> en 1<sup>er</sup> choix en 2 mois),</li> <li>❑ Fruits solides, assez gros, avec peu de défauts (parfois blotchy ripening, sur Brenda par exemple)</li> <li>❑ Qualité <u>gustative</u> souvent médiocre</li> <li>❑ Qualité <u>visuelle</u> souvent moyenne (manque d'originalité)</li> <li>❑ Brenda intéressante <u>sauf pour qualité gustative</u></li> <li>❑ sécurité « sanitaire » et commerciale (?) mais goût ...</li> </ul>		

### Les rondes rouges classiques :


Type variétal	nb	Principales variétés
<b>rondes traditionnelles à collet vert</b> variétés populations ou hybrides F1 avec faible résistance génétique semences biologiques ou conventionnelles non traitées	3	Cobra, <u>Montfayet 63/5</u> <u>Monda</u> (photo) 
variétés de faible intérêt (3 variétés testées)		
<input type="checkbox"/> Vigueur variable, précocité et nouaison moyennes <input type="checkbox"/> Rendement variable (8 à 10 Kg/m <sup>2</sup> en 1 <sup>er</sup> choix en 2 mois), <input type="checkbox"/> Fruits « souples », calibre variable <input type="checkbox"/> Qualité gustative moyenne (qualité visuelle non notée) <input type="checkbox"/> A tester en petite quantité pour apprécier résultats et vente		

13



### Les « Marmande » : fruits rouges plats, à collet vert

Type variétal	nb	Principales variétés
hybrides F1 (surtout) avec faible résistance génétique : TomV et V surtout semences bio ou non traitées	14	Marbonne, Delizia, <u>Platense</u> , Tantale ...
<input type="checkbox"/> Résultats très variables pour vigueur, précocité, nouaison, calibre <input type="checkbox"/> rendement variable (8 à 12 Kg/m <sup>2</sup> en 1 <sup>er</sup> choix en 2 mois), <input type="checkbox"/> Fruits « souples », souvent sensibles aux fentes, collet vert marqué <input type="checkbox"/> Qualité gustative variable (bonne pour Marbonne) <input type="checkbox"/> Qualité visuelle convenable (originalité moyenne) <input type="checkbox"/> Marbonne est la plus intéressante pour l'ensemble des critères (3 essais) <input type="checkbox"/> type assez intéressant - mais valorisation commerciale ?		
		
<u>Platense/Graines del Pais</u>	<u>Marbonne/Gautier</u>	<u>Delizia/Clause</u>


### Résultats agronomiques 2007 : Marmande

VARIETE	SOCIETE	RENDEMENT en Kg/m <sup>2</sup>		Poids moyen des fruits en g		% de 2 <sup>ème</sup> choix	 (et répartition en % des différents défauts)
		TOTAL	1 <sup>er</sup> CHOIX	1 <sup>er</sup> CHOIX	1 <sup>er</sup> CHOIX		
<b>Type Marmande : FRUITS ROUGES PLATS</b>							
Marbonne =DIV 38	GAUTIER	13,7	12,8	281	7%	Fruits fasciés (61%)	
Platense	G. DEL PAIS	10,4	9,4	188	10%	Fruits fasciés (70%) et plages jaunes (43%)	
DRK 7019 = Grecale	DE RUITER	14,0	12,7	217	9%	Plages jaunes (58%) et fruits fasciés (31%)	
Marinda	DUCRETET	14,8	13,7	174	8%	Plages jaunes (55%) et fruits fasciés (26%)	
Martin	VOLTZ	12,3	11,4	163	7%	Fruits fasciés (73%) et plages jaunes (27%)	
Beefsteak	ESSEMBIO	10,4	9,1	139	13%	Plages jaunes (48%) et blotchy ripening (42%)	
MOYENNE TYPE MARMANDE		12,6	11,5	193	9%		

### Les « fausses » Coeurs de Bœuf » = type Albenga : rouges, en poire, à collet vert


Type variétal	nb	Principales variétés
Albenga : hybrides F1 (surtout) avec faible résistance génétique : TomV et V surtout semences conventionnelles non traitées surtout	14	Aurea/De Ruitter : TomV et V Arawak/Syngenta, TomV et V Borsalina/Gautier, V Corazon /Clause V Liguria/Voltz... /
<input type="checkbox"/> Résultats assez satisfaisants pour vigueur, précocité, nouaison, <input type="checkbox"/> rendements variables : svt élevés (9 à 15 Kg/m <sup>2</sup> en 1 <sup>er</sup> choix en 2 mois), <input type="checkbox"/> Fruits de bon calibre assez fermes, creux : peu de défauts (coloration) <input type="checkbox"/> Qualité gustative et visuelle convenables <input type="checkbox"/> Auréa est la plus intéressante pour l'ensemble des critères (4 essais) <input type="checkbox"/> type intéressant, (rendement, solidité, goût) à greffer en sol fatigué <input type="checkbox"/> mais quelques soucis commerciaux en 2008 !		
		

**Résultats agronomiques 2007 (6/06 au 6/08) :**  
**Type Albenga**




VARIETE	SOCIETE	RENDEMENT en Kg/m <sup>2</sup>		Poids moyen des fruits en g	% de 2ème choix	principaux défauts (et répartition en % des différents défauts)
		TOTAL	1 <sup>er</sup> CHOIX			
ALBENGA = CŒUR DE BŒUF ROUGE EN POIRE						
Aurée	DE RUITER	16,1	15,0	231	6%	blotchy ripening  et plages jaunes
Borsalina	GAUTIER	12,7	11,3	191	11%	
Div 53	GAUTIER	12,6	12,3	119	3%	
Corazon	CLAUDE	12,8	12,3	160	5%	
Arawak	SYNGENTA	14,0	12,6	230	10%	
<b>MOYENNE ALBENGA</b>		13,7	12,7	186 g	7%	

**Résultats agronomiques 2008 (6/06 au 4/08) :**  
**Type Albenga**



VARIETE SOCIETE	Rdt commercial (Kg/m <sup>2</sup> )	Rdt 1 <sup>er</sup> choix (Kg/m <sup>2</sup> )	Poids des fruits (g)	% de 2ème choix
<b>Aurée DE RUITER</b>	10,5	10,3	187	2 %
Corazon CLAUDE	10,0	9,8	149	2 %
56212 VOLTZ	10,1	9,7	167	4 %
Borsalina GAUTIER	10,4	9,6	162	8 %
Arawak SYNGENTA	9,7	9,3	191	4 %
Sfizio SEMINIS	9,4	9,0	179	4 %
Albenga AGROSEMENS	9,2	8,8	198	5 %
Div 59 GAUTIER	8,4	8,3	131	2 %
Moyenne Albenga	9,7	9,3	170	4 % <sub>18</sub>

**Les vraies « Cœurs de Bœuf » rouges = en cœur à collet vert**

Type variétal	nb	Principales variétés
→ hybride F1 avec résistance génétique : Coralina/Gautier (TomV et Fr), semences non traitées	2	Coralina (hybride F1) ‘CDB rouge’/Essembio
→ ou variété population sans résist. génétique : CDB rouge/Essembio semences biologiques		
<input type="checkbox"/> Résultats moyens pour vigueur, précocité, nouaison, <input type="checkbox"/> rendements variables (8 à 15 Kg/m <sup>2</sup> en 1 <sup>er</sup> choix en 2 mois), <input type="checkbox"/> Fruits de très bon calibre, assez fragiles, juteux et charnus <input type="checkbox"/> 2ème choix moyen : blotchy, fentes <input type="checkbox"/> qualité gustative : texture appréciée (juteuse), saveur parfois fade <input type="checkbox"/> qualité visuelle intéressante (sauf collet vert) <input type="checkbox"/> Coralina est la plus intéressante pour l'ensemble des critères (2 essais) <input type="checkbox"/> attention : certaines variétés annoncées « rouges » s'avèrent roses ! <input type="checkbox"/> A produire (en petite quantité) pour la qualité gustative et le look <sup>9</sup>		

**Les vraies « Cœurs de Bœuf » roses = en cœur à collet vert**

Type variétal	nb	Principales variétés
variétés populations sans résistance génétique : semences biologiques	10	‘CDB rose’ : Essembio, Germinance, Biaugerme, Agrosemens, Ducretet ...
<input type="checkbox"/> Vigueur souvent faibles (plantes fragiles, nécroses), <input type="checkbox"/> Assez bon rendement précoce, mais comportement médiocre au delà de 2 mois de récolte : à greffer ? <input type="checkbox"/> nouaison souvent faible, irrégulière et calibre hétérogène <input type="checkbox"/> rendements précoces assez bons <input type="checkbox"/> et rendements finaux très variables selon variétés (5 à 12 Kg/m <sup>2</sup> en 1 <sup>er</sup> choix en 2 mois), <input type="checkbox"/> Fruits de calibre variable, assez fragiles, juteux et charnus <input type="checkbox"/> 2ème choix moyen : blotchy ripening (Biaugerme/2007), fentes <input type="checkbox"/> qualité gustative : texture appréciée (juteuse), saveur parfois fade <input type="checkbox"/> qualité visuelle assez intéressante (sauf blotchy ripening et collet vert) <input type="checkbox"/> résultats variables (selon variétés) pour le calibre et le rendement ... <input type="checkbox"/> A produire (en petite quantité) pour la qualité gustative et le look <sup>30</sup>		

## Cœurs de bœuf roses



CDB rose/Biaugerme



CDB rose/Germinance



CDB rose/Agrosemens



Blotchy ripening sur CDB rose/Biaugerme



CDB rose/Essembio

## Résultats agronomiques 2007 (6/06 au 6/08) : Cœurs de bœuf roses ou rouges



VARIETE	SOCIETE	RENDEMENT en Kg/m <sup>2</sup>		Poids moyen des fruits en g	% de 2ème choix	principaux défauts (et répartition en % des différents défauts)
		TOTAL	1 <sup>er</sup> CHOIX			
CŒUR DE BŒUF EN CŒUR ROSE et ROUGE						
CDB rose	AGROSEMENS	14,4	11,9	189	18%	blotchy ripening plages jaunes
	BIAUGERME	9,4	4,8	308	49%	blotchy ripening
	GERMINANCE	13,0	9,8	191	25%	Blotchy ripening
CDB ROUGE	ESSEMBIO	12,3	11,0	264	10%	blotchy ripening
CDB ROUGE Coralina	GAUTIER	17,8	14,8	236	17%	blotchy ripening
MOYENNE CŒUR DE BŒUF		13,4	10,5	237	24%	22


## Résultats agronomiques 2008 (6/06 au 4/08) : Cœurs de bœuf roses ou rouges




VARIETE	Rdt commercial (Kg/m <sup>2</sup> )	Rdt 1 <sup>er</sup> choix (Kg/m <sup>2</sup> )	Poids des fruits (g)	% de 2ème choix	Principaux défauts
Cœurs de bœuf roses					
CDB rose ESSEMBIO	9,8	8,4	265	14%	blotchy fascié
CDB rose GERMINANCE	9,3	8,0	166	14%	blotchy fascié
CDB rose GRAINES DEL PAIS	8,5	7,1	98	16%	blotchy grenaille
CDB rose DUCRETTET	9,6	6,4	175	34%	blotchy fente
Moyenne CDB Rose	9,3	7,5	176	20%	blotchy -fascié- fente
Cœurs de bœuf rouges					
Coralina (Div 52) GAUTIER	10,4	8,8	172	16%	blotchy fente
CDB rouge ESSEMBIO	8,8	8,2	292	7%	blotchy fascié fente
Moyenne CDB Rouge	9,6	8,5	232	11%	blotchy -fascié- fente

## Résultats agronomiques 2008 (6/06 au 4/08) : Résultats moyens des 3 types : Albenga - Cœurs de bœuf roses - Cœurs de bœuf rouges


VARIETE	Rdt commercial (Kg/m <sup>2</sup> )	Rdt 1 <sup>er</sup> choix (Kg/m <sup>2</sup> )	Poids des fruits (g)	% de 2ème choix	Principaux défauts
Albenga	9,7	9,3	170	4 %	blotchy
CDB Rouge	9,6	8,5	232	11 %	blotchy - fascié- fente
CDB Rose	9,3	7,5	176	20 %	blotchy - fascié- fente
MOYENNE GLOBALE	9,6	8,7	181	9 %	

 <b>Les fruits roses ronds à collet vert</b>		
Type variétal	nb	Principales variétés
<b>Fruits ronds</b> de calibre moyen : <b>Rose de Berne</b> : variétés populations sans résistance génétique semences bio surtout	3	<b>'Rose de Berne'</b> : <a href="#">Essembio</a> , <a href="#">Agrosemens</a> , <a href="#">CVA</a> ...
<input type="checkbox"/> Bonne vigueur, nouaison moyenne, <input type="checkbox"/> Rendements finaux très faibles car pénalisés par « tardivité » et taux élevé de 2 <sup>ème</sup> choix : (6 à 8 Kg/m <sup>2</sup> en 1 <sup>er</sup> choix en 2 mois), <input type="checkbox"/> Calibre variable selon les variétés, <input type="checkbox"/> 2 <sup>ème</sup> choix élevé : fruits fragiles (épiderme), fentes, éclatements <input type="checkbox"/> bonne qualité <u>gustative</u> : goût agréable, texture juteuse (trop?) <input type="checkbox"/> qualité <u>visuelle</u> intéressante <input type="checkbox"/> variétés à retenir ??? <b>Agrosemens</b> : calibre > <b>Essembio</b> <input type="checkbox"/> A produire (en petite quantité) pour la qualité gustative et le « look »		


**Les fruits roses ronds à collet vert**



Rose de Berne/Agrosemens




Rose de Berne/CVA



Rose de Berne/Essembio

26

<b>Les fruits roses plats à collet vert</b> 		
Type variétal	nb	Principales variétés
<b>Fruits roses plats de gros calibre</b> : variétés populations sans résistance génétique semences biologiques surtout	4	<b>'Potiron écalate'</b> / <b>Voltz</b> , <b>'Gregori Altaï'</b> / <b>Germinance</b> <b>Géante d'Orembour</b> / <b>CVA</b> ...
<input type="checkbox"/> Vigueur assez faible en général, nouaison hétérogène, <input type="checkbox"/> Rendements finaux svt très faibles (5 à 10 Kg/m <sup>2</sup> en 1 <sup>er</sup> choix en 2 mois), car pénalisés par taux parfois très élevé de 2 <sup>ème</sup> choix : 30 % à 50% ! : fentes, fruits déformés, liégeux ... <input type="checkbox"/> Calibre élevé (250 g), svt excessif : <b>Potiron écarlate</b> : 405 g (2005) <input type="checkbox"/> qualité <u>gustative</u> moyenne (peu de tests) <input type="checkbox"/> qualité <u>visuelle</u> moyenne : fruits déformés, fendus, liégeux, trop gros ... <input type="checkbox"/> intérêt limité de ces variétés : fragilité et gros calibre		

**Les fruits roses plats à collet vert**



Gregori Altaï/Germinance



Géante d'Orembour / CVA



Potiron écarlate/Voltz





Géante d'Orembour / CVA

27


<u>Les fruits noirs plats à collet vert</u>		
Type variétal	nb	Principales variétés
<b>Fruits plats de gros calibre :</b> <b>Noire de Crimée</b> variétés populations sans résist. génétique semences biologiques surtout	2	'Noire de Crimée' : <u>Agrosemens</u> , CVA ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Vigueur et nouaison faibles, bonne précocité</li> <li>❑ Rendement final 1er choix très faible (5 à 6 Kg/m<sup>2</sup> en 2 mois), car pénalisé par taux très élevé de 2<sup>ème</sup> choix : fentes surtout</li> <li>❑ Calibre assez gros (200 à 250 g)</li> <li>❑ très bonne qualité <u>gustative</u> : goût agréable, texture juteuse</li> <li>❑ qualité <u>visuelle</u> intéressante (sauf fentes et liège)</li> <li>❑ variétés à revoir : <u>Agrosemens</u> : bon calibre</li> <li>❑ A produire (en petite quantité) pour la qualité gustative et le « lošk »</li> </ul>		



Les fruits noirs plats à collet vert

Noire de Crimée /Agrosemens

Noire de Crimée (CVA)



<u>Les fruits noirs ronds à collet vert</u>		
Type variétal	nb	Principales variétés
<b>Fruits ronds de calibre moyen :</b> variétés populations sans résist. Génétique, semences biologiques surtout	3	'Russe noire' /Voltz 'Black prince' /CVA 'Noire de Crimée' /Germinance
<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Vigueur et précocité variables</li> <li>❑ Rendement final 1er choix très faible (6 Kg/m<sup>2</sup> en 2 mois) car nouaison faible et faible calibre</li> <li>❑ Calibre assez petit (100 à 130 g), défauts de coloration</li> <li>❑ qualité <u>gustative</u> bonne, sauf si blotchy ('Noire de Crimée' /Germinance)</li> <li>❑ aucune variété retenue</li> </ul>		
Fausse noire de Crimée ? 'Noire de Crimée' /Germinance (fruit rond l)	 	
	Russe noire/Voltz	

Les fruits oranges, ronds ou plats (pas de mesure de rendement) :  
 Créneau commercial restreint, vigueur et nouaison convenable, qualités commerciale et gustative convenables  
 Les plus intéressantes : Beorange et Kaki Coing, à revoir

Type variétal	nb	Principales variétés
fruits ronds ou plats variétés populations, sans résist. génétique, semences biologiques	4	<u>Auriga (cocktail)</u> <u>Kaki coing / Biaugerme</u> <u>Caro red / GdP</u>
Fruits ronds, hybrides F1 (midlife) avec résistances génétiques semences convent. non traitées	2	Beorange / de Ruiter O1 / Gautier







Kaki Coing/Biaugerme


Auriga/Essembio



Beorange/De Ruiter




Les fruits jaunes, ronds ou plats (peu de mesures de rendement) :		
Créneau commercial restreint, vigueur et nouaison convenable (faible pour German Gold), qualités commerciale et gustative variables		
La plus intéressante : « Tomate jaune »/Graines del País		
Type variétal	nb	Principales variétés
fruits ronds ou plats : variétés populations, sans résist. génétique semences biologiques surtout	7	Tomate Jaune et Pinguan /GdP German Gold/Voltz, GoldenJubilee /Germinance
Fruits ronds, hybrides F1 (midlife) avec résistances génétiques semences convent. non traitées	2	Jelona/de Ruiter J1/Gautier

	German Gold/Voltz	
Tomate Jaune GDP		J1 Gautier 33

Les fruits ronds zébrés : cocktails oranges et verts		
Type variétal	nb	Principales variétés
Très petits fruits ronds (cocktail = 50 g) oranges et verts variétés populations, sans résistance génétique semences biologiques surtout	2	Tigerella/CVA Tigrella/Essembio 
Créneau commercial restreint : type cocktail (50g)		
<input type="checkbox"/> Vigueur moyenne, bonne nouaison, bonne précocité <input checked="" type="checkbox"/> Rendement final 1er choix convenable : (9 Kg/m <sup>2</sup> en 2 mois), <input checked="" type="checkbox"/> très faible taux de 2 <sup>ème</sup> choix <input checked="" type="checkbox"/> Bonne qualité gustative : fruit juteux et acidulé		

Les fruits ronds zébrés : jaunes et verts		
Type variétal	nb	Principales variétés
Petits fruits ronds (100 g) jaunes et verts variétés populations, sans résistance génétique semences biologiques surtout	1	Green Zebra : nombreuses sociétés : Essembio-Voltz-CVA ... 
Créneau commercial restreint : petit fruit (100g)		
<input type="checkbox"/> Vigueur forte, parfois excessive, très faible précocité → impose conduite adaptée (ferti et irrigation), <input type="checkbox"/> nouaison faible, récolte difficile (fruit vert dans forte végétation !) <input checked="" type="checkbox"/> Rendement final 1er choix faible : (4 à 7 Kg/m <sup>2</sup> en 2 mois !), <input checked="" type="checkbox"/> faible taux de 2 <sup>ème</sup> choix (fentes) mais sensible nécrose apicale <input type="checkbox"/> qualité gustative variable : fruit juteux et acidulé 		

Les 'Cornues des Andes' :		
Type variétal	nb	Principales variétés
variétés populations, sans résist. génétique semences biologiques	3	Cornue des Andes : nombreuses sociétés : Germinance Essembio, ... 
hybrides F1 (midlife) avec résistances génétiques semences convent. non traitées	2	Cornabel/Vilmorin Div 57/Gautier  





## Les 'Cornues des Andes' :

### Créneau commercial restreint :

- ❑ Vigueur très forte, parfois excessive, faible précocité  
→ impose conduite adaptée (ferti et irrigation),
- ❑ assez bonne nouaison,
- ❑ Rendement final 1er choix assez faible : (4 Kg/m<sup>2</sup> en 2 mois !),
- ❑ car taux de 2<sup>ème</sup> choix très élevé :  
forte sensibilité au blotchy ripening
- ❑ sensible aux nécroses apicales
- ❑ qualité gustative assez appréciée : fruit charnu

37

## conclusion (1)

**ATTENTION** : La plupart des variétés anciennes sont dépourvues de tolérances génétiques :

### maladies aériennes :

→ **virus** : Tmv (virus de la mosaïque du tabac) :

transmission manuelle et par les semences

TYLC et TSWV : risques assez élevés dans la région

→ **champignons** : cladosporiose : **aucun produit en AB**

### maladies et ravageurs du sol :

→ fusariose et verticilliose,

→ nématodes :

⇒ greffage et rotations

s'imposeront en sol « fatigué »



38

## conclusion (2)

### Quelques connaissances acquises :

- Les variétés anciennes constituent un ensemble très varié, aux caractéristiques très différentes :  
vigueur, nouaison, calibre, rendement, qualité gustative ...
- Vis-à-vis des midlife : meilleure qualité gustative, tenue des fruits inférieure  
Peu de résistance aux maladies
- Choix des variétés : selon filière commerciale
- « sécurité » : Albenga - Marmande dans une moindre mesure
- selon marché : cœurs de Bœuf rouges (forte demande ?) ou roses
  - pour diversité, si meilleure valorisation : autres types variétaux, avec rendement souvent faible :  
Noire de Crimée, Rose de Berne, types zébrés, jaunes, oranges ...



## Perspectives

- ❑ D'autres essais réalisés en 2008 en culture conventionnelle sous abri froid : INRA d'Alénya, APREL/CETA Châteaurenard ...  
permettent de compléter les informations sur ces variétés
  - ❑ Les essais du GRAB continueront en 2009 :
    - en franc ou en greffé
    - avec d'autres variétés disponibles en semences biologiques ou conventionnelles non traitées :
- choix à définir : cœur de bœuf rouge, zébrées de calibre > ? ...
- Assurant toujours le meilleur compromis :
    - bonne qualité gustative,
    - fruits assez « solides »
    - rendement commercial satisfaisant
  - afin de garantir la rentabilité financière de la culture



40



# QUELLES PLANTES INSERER DANS LES ROTATIONS POUR DIMINUER LES POPULATIONS DE NEMATODES A GALLES ?

**Hélène VEDIE et Christelle AÏSSA MADANI**  
Groupe de Recherche en Agriculture Biologique  
B.P 1222, 84911 Avignon cedex 9  
helene.vedie@grab.fr

## RESUME

En maraîchage biologique, le recours à des plantes non hôtes ou « mauvais hôtes » des nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*) est indispensable car les moyens de lutte disponibles donnent des résultats insuffisants. Le recours à des variétés ou porte-greffes résistants est une solution efficace, mais les cas de contournement des résistances disponibles actuellement sont de plus en plus fréquents. Le GRAB a donc débuté en 2008 une étude, basée sur des enquêtes, de la bibliographie et de l'expérimentation, afin d'identifier les cultures peu sensibles pratiquées dans notre région. Ces cultures sont assez peu nombreuses, vue la grande polyphagie des nématodes à galles. Les premiers résultats montrent l'intérêt potentiel des plantes de la famille des Liliacées, de quelques Brassicacées (roquette, chou-rave, navet), du fenouil, de l'épinard, de la fraise et de la mâche. L'étude doit cependant se poursuivre pour savoir si la qualité de « mauvais hôte » de ces plantes est liée à une réelle insensibilité ou à leur créneau classique de culture, l'hiver, peu favorable au développement des nématodes. L'intérêt de l'insertion de ces plantes « de coupure » devra aussi être évalué sur le niveau d'infestation d'une culture suivante sensible.

## INTRODUCTION

Le GRAB étudie depuis plus de 10 ans différents moyens de lutte utilisables contre les nématodes à galle (*Meloidogyne spp.*) en Agriculture Biologique : sous-produits végétaux (tourteaux de ricin et de neem, extraits d'ail) ou animaux (chitine...), engrais verts nématicides, microorganismes, désinfection vapeur... Ces techniques utilisées seules donnent des résultats aléatoires (Védie & Lambion, 2006). Leur combinaison sur plusieurs années améliore l'efficacité, qui reste toutefois insuffisante en conditions de forte infestation (Védie, 2008). Par contre, l'introduction de plantes non hôtes telles que le fenouil ou l'oignon, a eu un effet supérieur aux traitements étudiés dans les essais. Cette observation montre l'importance de faire des rotations et d'insérer des cultures non hôtes dans cette rotation. Une étude a donc débuté en 2008 afin d'identifier les cultures maraîchères moins sensibles aux nématodes à galles et d'évaluer l'effet à court et moyen terme de différentes plantes de coupure dans les rotations méditerranéennes.

## 1 MATERIEL ET METHODES

### 1.1 Enquêtes auprès de producteurs et d'experts sur les nématodes

#### **Enquêtes auprès des producteurs en maraîchage biologique**

En 2008, l'enquête a été réalisée chez 14 producteurs en agriculture biologique confrontés à des infestations de nématodes à galles. Situés dans les régions PACA et Languedoc-Rousillon, ces producteurs ont des niveaux de diversification des cultures variables (figure 1). Les enquêtes reposent sur :

- des réponses spontanées concernant les cultures abandonnées à cause des nématodes à galles et les cultures notées peu ou pas sensibles à ces mêmes nématodes,
- un questionnaire direct sur la sensibilité des cultures, basé sur une liste d'espèces cultivées adaptées à la culture sous abri dans notre région.

Une échelle de notation de sensibilité croissante de 1 à 4 traduit les propos des producteurs (Tableau 1).

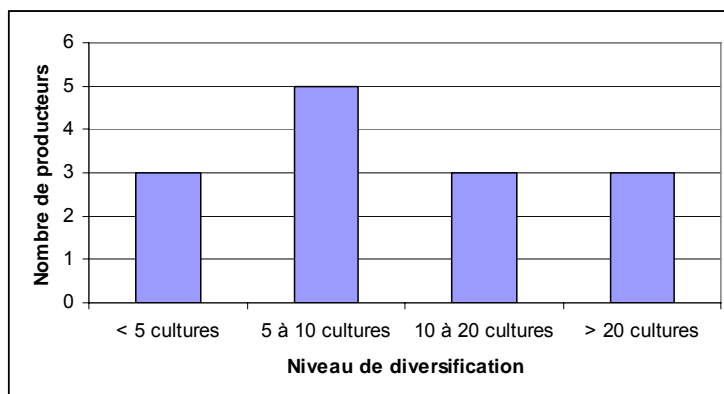


Figure 1 : Niveau de diversification des 14 maraîchers bio enquêtés en 2008

Tableau 1 : Echelle de notation des sensibilités (S) des espèces exprimées par les producteurs

Note S	Sensibilité aux <i>Meloidogyne</i>
1	Espèce non sensible
2	Espèce peu sensible (galles parfois observées mais aucune perte de production)
3	Espèce sensible (galles observées et pertes de production)
4	Espèce très sensible (pertes importantes voire abandon de culture)

### Enquêtes auprès d'experts sur les nématodes

En 2008, 4 experts<sup>4</sup> ont été enquêtés pour confronter leurs observations, à priori plus fines car basées sur l'observation systématique des racines, à celles des producteurs. Le questionnaire est axé sur la même liste d'espèces cultivées que celle soumise aux producteurs.

En outre, une recherche bibliographique internationale a été conduite de façon à confronter les résultats des enquêtes à des données objectives issues de la recherche sur la sensibilité des espèces.

#### 1.2 Dispositif expérimental : intérêt de l'insertion de plantes de coupure dans les rotations

A l'automne 2008, un essai a été mis en place chez un producteur du Gard dont les tunnels sont fortement infestés par *Meloidogyne arenaria*. Le protocole repose sur la comparaison d'une rotation témoin sensible classiquement réalisée par le producteur et d'une rotation « moins sensible », faisant alterner des cultures pas ou peu hôtes des nématodes, identifiées lors des enquêtes. Le dispositif est implanté dans 2 tunnels où chacune des 2 rotations est représentée. Après 2 ans de rotations distinctes, une même culture sensible sera implantée sur les 2 modalités afin d'évaluer l'effet des 2 types de rotation.

## 2 PREMIERS RESULTATS

### 2.1 Enquêtes auprès des producteurs

Parmi les 44 espèces cultivées proposées dans l'enquête, 17 sont renseignées par au moins 7 producteurs, 14 ont obtenu 3 à 7 réponses, mais 13 ne sont cultivées que de façon très ponctuelle avec moins de 3 réponses, limitant de fait l'intérêt des résultats. Nous avons donc distingué les résultats selon le taux de réponse.

La figure 2 illustre les notes moyennes de sensibilité obtenues pour les cultures les plus couramment pratiquées. **Les producteurs sont unanimes sur l'insensibilité de la mâche, et sur la forte sensibilité de l'aubergine et du melon non greffés.**

<sup>4</sup> Thierry Mateille, nématologiste à l'IRD de Montpellier, Alain Buisson du LNPV de Rennes, Caroline Caporalino de l'INRA de Sophia Antipolis et Alain Arrufat du Civambio 66

Pour les autres cultures, les niveaux de sensibilité exprimés divergent entre les producteurs. Les écart-types sont assez faibles pour les cultures les plus sensibles (le concombre par exemple n'a que deux notes inférieures à 3 sur 12 réponses), mais ils sont plus élevés pour les notes intermédiaires.

Parmi les espèces classées comme **pas à peu sensibles**, les écart-types observés font apparaître des cas ponctuels mais extrêmes. Par exemple, l'épinard n'est cité sensible que par un producteur sur 11. En cultures de tomate et aubergine greffées, ou de tomate tolérante, 30 % seulement des producteurs disent avoir des infestations (par contournement de la résistance), mais lorsque cette situation survient, elle s'accompagne d'importantes pertes de production.

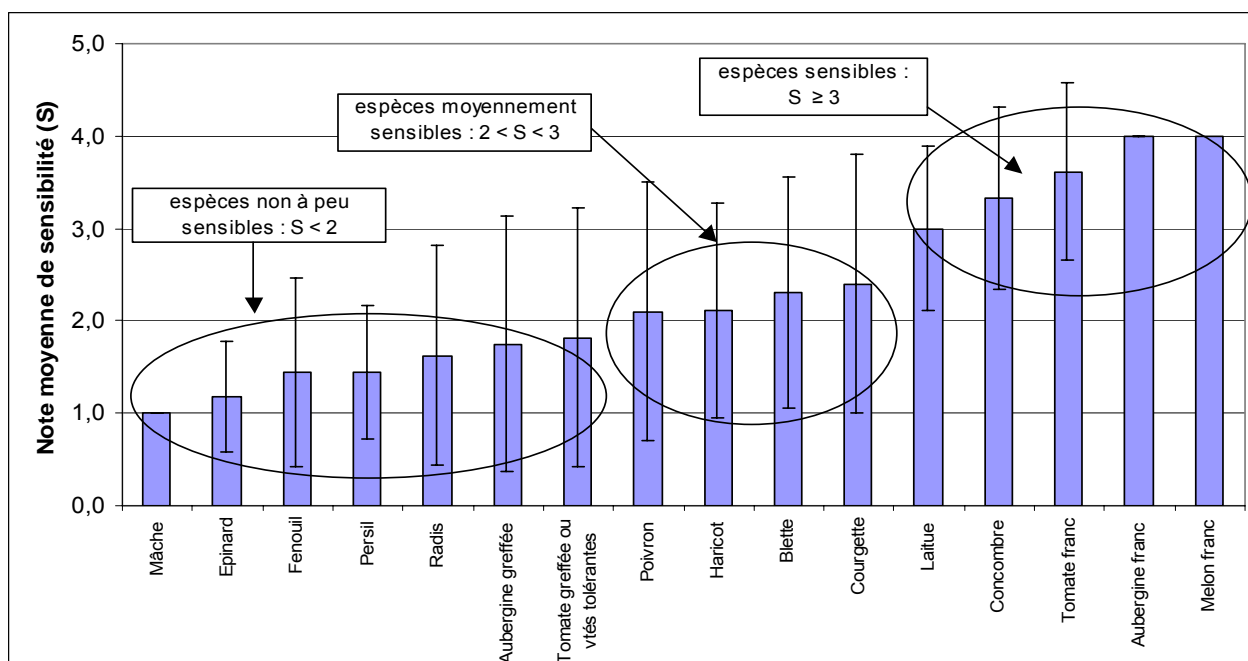


Figure 2 : Sensibilité des espèces les plus représentées dans l'enquête (+ de 7 réponses)

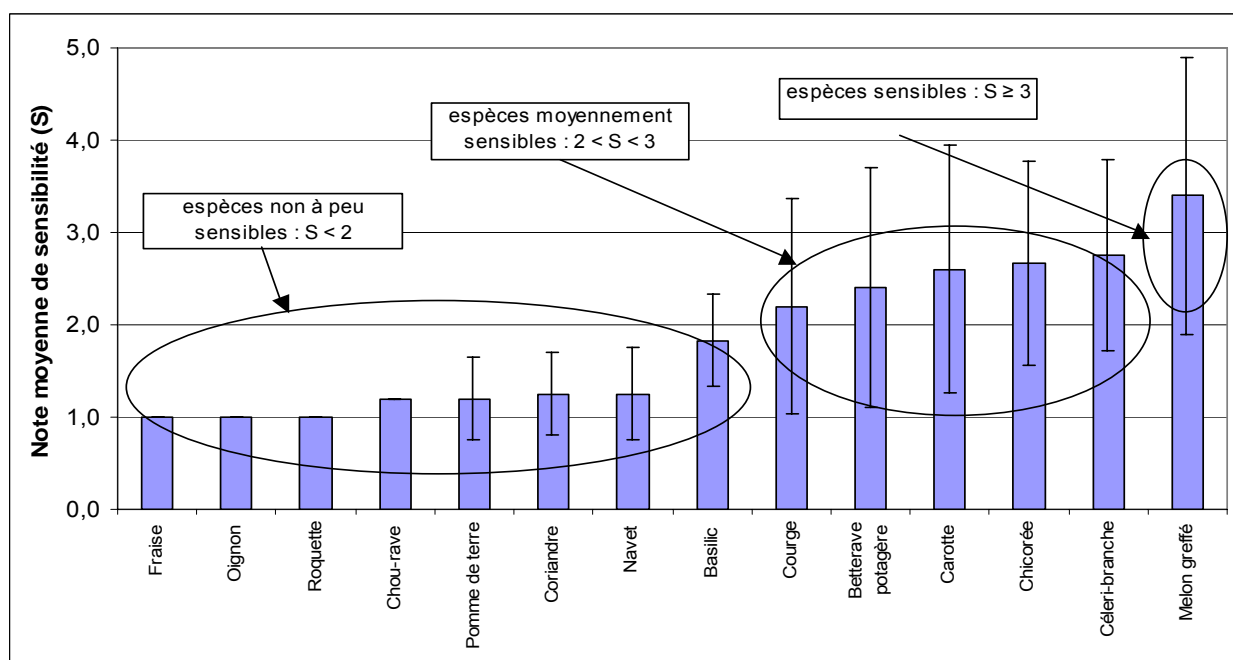


Figure 3 : Sensibilité des espèces moyennement représentées dans l'enquête (3 à 7 réponses)

Parmi les espèces pour lesquelles le taux de réponses a été de 3 à 7 (figure 3), **les producteurs sont unanimes sur l'insensibilité de la fraise, de l'oignon et de la roquette.**

Pour les autres espèces, les avis divergent de façon plus ou moins prononcée. Les producteurs sont très concordants concernant la faible sensibilité du chou rave, de la pomme de terre, de la coriandre et du navet. Par contre, une grande majorité (plus de 70 %) estime sensibles la carotte, la chicorée et le céleri-branche. Enfin, 80 % des producteurs citent le melon greffé comme très sensible, avec une note de 4. Ce constat est confirmé par l'abandon de cette culture, même greffée, par 50 % des producteurs enquêtés.

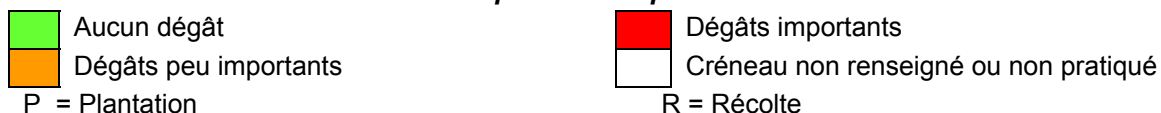
### Les raisons des divergences

Plusieurs facteurs peuvent expliquer les écart-types importants obtenus pour certaines cultures :

- le niveau d'infestation des parcelles : les différences de niveau d'infestation chez les producteurs jouent sur l'intensité des dégâts,
- les espèces de nématodes présentes : il est probable qu'il existe pour une même culture des variations de sensibilité selon les espèces de nématodes. Par exemple, la fraise serait plus particulièrement sensible à *M. hapla*, non présent dans le Sud de la France,
- le créneau de production : plus les cultures sont mises en place dans des périodes où le sol est chaud (précoces en automne et tardives au printemps), plus leur sensibilité s'exprime car les nématodes sont plus actifs aux températures élevées. Certains producteurs ont d'ailleurs souligné cet effet créneau pour certaines cultures (figure 4)
- la durée du cycle de culture : que ce soit pour une culture de printemps ou d'hiver, plus une culture sensible met du temps pour arriver à maturité, plus les dégâts seront importants,
- l'effet variétal : des différences de sensibilité existent entre les variétés. Cet effet variétal a d'ailleurs été souligné par plusieurs des producteurs enquêtés,
- l'effet du climat : lors d'hivers doux, les symptômes racinaires d'infestation en nématodes peuvent être plus marqués car les nématodes restent actifs tout au long de l'hiver,
- la surveillance plus ou moins fine de l'état racinaire des cultures par les producteurs, la plupart n'observant les racines qu'en cas de problème de développement de la culture,
- un effet « mémoire », qui rend imprécises les réponses obtenues pour les cultures faites de façon ponctuelle.

Culture	Automne			Hiver			Printemps			Été			
	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	
Epinard	P		R										
		P			R								
Persil						P			R				
	P		R										
Laitue	P		R										
			P			R							
Chicorée		P	R										
					P			R					
Blette	P		R										
			P				R						

Figure 4 : Effet du calendrier sur la sensibilité de 5 espèces cultivées sous abri, selon l'expérience de producteurs



## 2.2 Enquêtes auprès des experts

Les résultats des enquêtes sont difficilement exploitables d'un point de vue statistique, peu de personnes ayant été interrogées. De plus, les jugements divergent parfois, le référentiel des experts n'étant pas le même : 2 personnes travaillent essentiellement dans les systèmes de culture méditerranéens, 1 expert a un point de vue national, et le dernier une expérience plutôt tropicale, avec une pression plus forte des nématodes et des cultures différentes.

Les résultats sur les cultures pas ou peu sensibles sont toutefois synthétisés tout en mentionnant les réserves en cas de divergence de notation (tableau 2).

Ainsi, les cultures les moins sensibles appartiennent essentiellement à la famille des Liliacées (oignon, ail, poireau), et dans une moindre mesure aux Brassicacées (Roquette, chou-rave, navet). Les Solanacées sont sensibles, mais le poivron, le piment ainsi que la pomme de terre en hiver posent moins de problèmes.

**Tableau 2 : Espèces peu sensibles aux nématodes à galles d'après les experts**

<b>Famille botanique</b>	<b>Espèces pas à peu sensibles</b>	<b>Espèces intermédiaires (divergences d'opinion entre les enquêtés)</b>
<i>Solanacées</i>	Aubergine greffée*, Tomate greffée*	Piment, Poivron*, Pomme de terre
<i>Rosacées</i>		Fraise
<i>Astéracées</i>	Mâche	
<i>Apiacées</i>	Fenouil, Panais, Coriandre	Carotte*, Céleri-rave, Persil*
<i>Liliacées</i>	Ail, Ciboulette, Echalote, Oignon Poireau	
<i>Brassicacées</i>	Chou-rave*, Navet, Roquette	
<i>Chénopodiacées</i>	Epinard*	

\* = cultures pour lesquelles des galles sont parfois observées

## 2.3 Recherche bibliographique

Les travaux faisant l'objet de publications sont menés principalement dans les régions tropicales, où les problèmes de nématodes à galles sont les plus marqués, et sur des espèces de *Meloidogyne* qui peuvent différer de celles les plus rencontrées dans nos régions (*M. arenaria* et *M. incognita*). Les résultats peuvent donc exprimer des sensibilités plus fortes que celles que l'on obtiendrait dans nos conditions. Ainsi, la fraise, jugée non sensible par les producteurs, se révèle sensible dans la bibliographie, mais essentiellement à *M. hapla*, ce qui explique le classement de cette culture dans les espèces sensibles par les experts.

La recherche, axée sur les cultures les plus couramment pratiquées dans notre région, a permis de confirmer la faible sensibilité du fenouil, de l'ail, de l'oignon, du navet et de l'épinard. En revanche, nous n'avons pas encore trouvé d'informations pour certaines des cultures potentiellement intéressantes : mâche, chou-rave, poireau et roquette.

En outre, la bibliographie mentionne de fortes variations de sensibilité selon les variétés pour une même culture.

### 3 **DISCUSSION - PERSPECTIVES**

Le croisement des résultats des enquêtes auprès des producteurs et des experts et de la recherche bibliographique donne les pistes de cultures peu ou pas sensibles à insérer dans les rotations pour limiter la multiplication des nématodes à galles (tableau 3). Elles seront testées dans l'essai « rotation » débuté en 2008. En outre, des cultures pour lesquelles nous avons moins de données mais qui semblent potentiellement intéressantes, devront faire l'objet d'observations complémentaires. Des manipulations en pots seront donc réalisées afin de trancher sur la plus ou moins grande sensibilité de certaines espèces.

Les cultures apparaissant les plus intéressantes à l'issue de cette première phase de l'étude correspondent à des créneaux de production d'hiver ou de printemps. Il est d'ailleurs parfois difficile de savoir si la faible sensibilité annoncée par les producteurs est liée à une réelle qualité de mauvais hôte de la plante, ou au créneau de production, peu favorable aux nématodes. La proposition de ces espèces pour remplacer des cultures sensibles telles que la laitue, la courgette, le concombre... peut se heurter à une réticence de la part des producteurs pour des raisons économiques et commerciales. Ces cultures risquent donc de ne pas être adoptées par les producteurs peu confrontés aux infestations de nématodes, jusqu'au jour où les attaques seront trop dommageables à la pérennité de leur exploitation.

**Tableau 3 : Bilan des espèces pas à peu sensibles aux *Meloidogyne* issues de l'étude 2008**

<b>Famille botanique</b>	<b>Espèce ressortant de l'étude</b>	<b>Espèce à valider</b>
<i>Rosacées</i>		Fraise
<i>Astéracées</i>		Mâche
<i>Apiacées</i>	Fenouil, coriandre	
<i>Liliacées</i>	Ail, oignon	Poireau
<i>Brassicacées</i>	Navet	Chou rave, Roquette
<i>Chénopodiacées</i>	Epinard	

Le créneau d'été est malheureusement vide de proposition autres que le greffage et l'utilisation de variétés de tomates tolérantes, alors qu'il s'agit de la période où les attaques par les nématodes sont les plus problématiques. On peut toutefois espérer qu'une année de coupure avec une culture à l'automne et une culture au printemps (abri vide à partir de mai) assure une diminution suffisante de la pression en nématodes, pour permettre de produire convenablement une culture d'été sensible l'année suivante. C'est ce qui sera évalué en expérimentation.

Une recherche bibliographique plus approfondie devra aussi être réalisée pour compléter les résultats acquis et pour préciser l'effet des espèces en tant que précédant cultural d'une culture sensible par exemple.

### **CONCLUSION**

La première année de ce travail a permis de poser les bases d'une réflexion pour un meilleure maîtrise des nématodes à galles *via* la gestion des rotations de cultures. Les enquêtes réalisées ont permis d'identifier un certain nombre d'espèces cultivées dans nos conditions méditerranéennes qui présentent des qualités de « mauvais hôtes » de ce ravageur. La poursuite des enquêtes et de la recherche bibliographique, ainsi que la validation des résultats par des manipulations en pots et sur un site expérimental, permettront d'aboutir à une meilleure connaissance de l'effet de ces plantes de coupure sur les populations de *Meloidogyne*, et à des propositions pratiques de cultures peu sensibles à insérer dans les rotations.



## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier l'ensemble des maraîchers et des experts qui ont participé à cette étude.

## **BIBLIOGRAPHIE**

VEDIE H., LAMBION J., 2006. Bilan des essais de lutte contre nématodes à galles au GRAB. Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes & Viticulture Biologiques, 13 et 14 décembre 2006 à Moissac, pp.45-52.

VEDIE H., 2008. Combinaison de moyens de lutte contre les nématodes à galles. Rencontre technique Agriculture biologique légumes, 7 février 2008 à Arras, pp.65-72



# DES PISTES POUR GERER LES NEMATODES A GALLES

**Caroline Djian-Caporalino**

**INRA UMR Interactions Biotiques et Santé Végétale (IBSV) INRA / UNSA / CNRS**  
400, Route des Chappes - Les Templiers - BP 167 - F-06903 SOPHIA ANTIPOLIS CEDEX  
Tél: 04.92.38.64.52 (+33.4.92.38.64.52) Fax: 04.92.38.65.87 (+33.4.92.38.65.87)  
E-mail: Caroline.Caporalino@sophia.inra.fr

## RESUME

Parmi les bioagresseurs telluriques, les **nématodes à galles du genre *Meloidogyne*** sont particulièrement préoccupants dans les **systems maraichers méditerranéens** où les conditions optimales de leur développement sont réunies : températures élevées et successions de plantes sensibles (salades, cucurbitacées, solanacées...). Le problème était déjà présent dans les exploitations menées en agriculture biologique. Du fait des **restrictions d'emploi** ou de l'**interdiction des nématicides chimiques**, le problème se révèle de plus en plus préoccupant même dans les exploitations menées en conventionnel et peut devenir **dramatique dans les années à venir**.

De nouveaux **projets nationaux et européens** sont lancés pour les 4 années à venir. Ils visent la **gestion des rotations** dans les agrosystèmes maraichers méditerranéens. Ainsi, l'utilisation de **plantes non-hôtes, mauvais-hôtes, ou résistantes** en porte-greffe, culture ou interculture combinant un effet **plante piège, engrais vert et matière organique** pour purger le sol en nématodes, est testée avec une collaboration entre les centres INRA<sup>5</sup> de Sophia Antipolis et d'Avignon, l'IRD<sup>6</sup> de Montpellier, et divers instituts techniques de la région PACA. Des études de **robustesse et durabilité de la résistance** sont également réalisées en collaborations avec des sociétés semencières dans le cadre de projets nationaux et européen pour **orienter les sélectionneurs dans la création de nouveaux cultivars résistants** et pour **conseiller les exploitants dans la meilleure façon de les gérer dans le temps et l'espace** afin de limiter les risques de contournement des résistances.



**Figure 1 – Larves de *Meloidogyne* vues à la loupe binoculaire (taille = 0,2 mm)**

## INTRODUCTION

Les problèmes phytosanitaires causés par les **nématodes** phytoparasites, petits vers microscopiques (Figure 1), ont une **incidence économique très importante** à l'échelle mondiale car ils s'attaquent aussi bien aux grandes cultures (céréales, pommes de terre, betteraves...), qu'aux cultures maraichères, florales et fruitières.

Les espèces du genre ***Meloidogyne***, encore appelées **nématodes à galles des racines**, sont des endoparasites sédentaires<sup>7</sup> qui parasitent plus de 5500 espèces de plantes et sont le plus largement répandues sur le globe.

Dans les **régions méditerranéennes** (Espagne, Afrique du nord, Sud de la France,

<sup>5</sup> INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

<sup>6</sup> IRD : Institut pour la Recherche et le Développement

<sup>7</sup> La larve fraîchement éclosée pénètre entièrement dans la racine, se fixe au niveau du cylindre central qui véhicule la sève, et y accomplit l'ensemble de son cycle. Seuls les œufs sont émis à l'extérieur de la racine.

etc), les **exploitations maraîchères** menées en agriculture biologique sont fortement touchées. Du fait des **restrictions d'emploi des nématicides chimiques** (norme 2005 de l'Union Européenne), le problème réapparaît dans les exploitations menées de manière conventionnelle et explose même dans certaines.

Ce contexte actuel entraîne une **recrudescence des programmes de sélection** prenant en considération la résistance des plantes aux nématodes chez les semenciers et oriente la recherche vers **l'amélioration génétique des lignées cultivées** sensibles aux nématodes **ou l'utilisation de porte-greffes résistants**. Cette méthode de lutte alternative est propre, spécifique, économique et sans danger, mais les études sont longues et les gènes de résistances identifiés à ce jour sont rares et limités à quelques familles botaniques.

## 1 **BIOLOGIE DES NEMATODES A GALLES**

Cycle de vie (Figure 2), multiplication et nutrition

Après avoir pénétré dans la racine au stade larvaire (seul stade libre et infestant dans le sol), les *Meloidogyne* induisent la formation d'un **site nourricier** (Figure 3) de cinq à six cellules hypertrophiées nommées cellules géantes et leur cycle reste lié à cette racine.

En **3 à 8 semaines (selon la température)**, les femelles devenues obèses (petites poires blanchâtres de diamètre inférieur à 1 mm) pondent de **300 à 3000 oeufs** à l'extérieur de la racine mais protégés dans une gangue mucilagineuse. **Plusieurs cycles** peuvent se succéder en une année et l'infestation peut alors atteindre **100 à 200000 larves par litre de sol**, s'étalant sur des **profondeurs pouvant être supérieures à 30 cm**.

Tous les œufs n'éclosent pas en même temps et peuvent **résister au froid et à la sécheresse** pendant plusieurs années (jusqu'à 8 ans!). Néanmoins lorsque les températures sont basses, l'infestation se développe lentement. C'est le cas en culture « hivernale » de salade sous abri. La température optimale serait de 28°C.

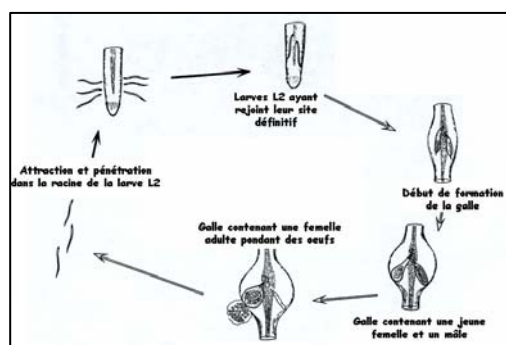


Figure 2 – Cycle de développement

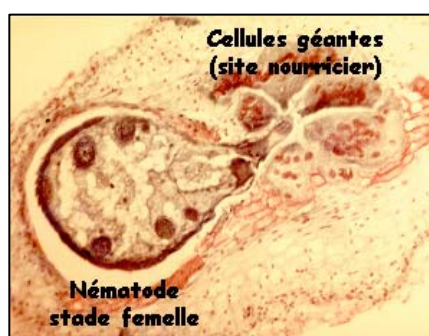


Figure 3 – Site nourricier établi dans la racine

Plantes maraîchères attaquées

Les *Meloidogyne* parasitent **plus de 5500 espèces de plantes** (grandes cultures, cultures maraîchères, florales, fruitières...) (Blok et al., 2008). Ils sont également le plus largement répandus sur le globe (zones intertropicales, régions tempérées chaudes et même Nord de l'Europe, cultures sous serre ou sous abri) et constituent un grave problème phytosanitaire **mondialement répandu**.

Ils sont particulièrement préoccupants dans les **systèmes maraîchers méditerranéens** où les conditions optimales de leur développement sont réunies : températures élevées et successions de plantes sensibles (salades, cucurbitacées, solanacées...). Les cultures les plus sensibles dans le Sud de la France sont les **tomates, aubergines, poivron, pommes de terre, melon, concombre, laitue, chicorées, haricots, carotte**, etc.

Ces vers induisent la formation de **galles racinaires** entraînant un dysfonctionnement du système vasculaire de la plante parasitée qui peut dépérir rapidement. Les attaques sont plus fortes en **sols sableux, légers, ou pauvres en matières organiques**.

Espèces de *Meloidogyne* dans le Sud de la France

Les espèces de *Meloidogyne* se répartissent selon la gamme d'hôte, la température, le taux d'humidité, la composition du sol et d'autres facteurs écologiques. Les espèces les plus couramment rencontrées en région méditerranéenne sont ***M. incognita* et *M. arenaria***.

Ils se multiplient très rapidement sur toutes cultures (même mauvaises herbes) par parthénogénèse (pas de sexe). Leur température optimale se situe entre 15°C et 33°C. Ils provoquent de petites galles disséminées en début d'attaque qui se généralisent pour former des protubérances en chapelets (Figure 4).

On rencontre parfois *M. hapla* bien qu'il soit plutôt inféodé aux régions plus nordiques de la France où la température annuelle est en moyenne inférieure à 15°C (sur pomme-de-terre, betteraves, carottes, céleri, rosiers, arbres fruitiers, laitues...). Les galles sont plus petites et sa reproduction sexuée obligatoire fait qu'il se multiplie moins rapidement. Il provoque dans le même temps de nombreuses bifurcations de racinelles.

## 2 DEGATS ET IMPORTANCE ECONOMIQUE

### 2.1 Symptômes et dégâts sur cultures

L'augmentation de volume des cellules corticales, jouxtant les cellules géantes du site nourricier, conduit à la formation d'une **galle typique** de l'infection par *Meloidogyne* (Figure 4). En cas d'infection forte, les galles peuvent envahir tout le système racinaire, l'absorption hydrique et minérale de la plante est perturbée tandis que le chevelu disparaît.



**Figure 4 – Dégâts sur racines de tomate, concombre, laitue, carottes**

Plus ou moins vite selon les conditions de sol, de climat et la sensibilité de la culture, on atteint le « **seuil de nuisibilité** » ou « **limite de tolérance** » de la plante. Ce seuil de nuisibilité est estimé pour les *Meloidogyne* à 100 à 1000 individus par kg de sol ou 10 à 100 par g de racine. On assiste alors à une forte diminution de la partie aérienne (Figure 5), due à la **réduction des racines**, qui se présente souvent par taches dans un champ et la **récolte peut parfois être réduite à néant**.



**Figure 5 – Dégâts sur tomates en serre, aubergines sous abri froid, melons en plein champ**

Les dégâts sont d'autant plus importants que la population est plus élevée au moment où l'on installe la culture. Si la population de départ est faible, la plante ne subit généralement pas de dégâts la première année. Cependant le parasite se multiplie à un point tel que la culture subira de graves dégâts dès la 2<sup>ème</sup> année.

De plus ces nématodes prédisposent les plantes aux infections fongiques et bactériennes (*Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, etc).

## 2.2 Estimation des dégâts

On estime les dégâts sur culture par des **indices de galles** compris entre 0 et 10 en fonction des attaques (Tableau 1).

**Tableau 1 – Système de notation des indices de galles pour estimer les dégâts dus aux nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (selon Netscher et Sikora, 1990)**

0	système racinaire complet et sain ; pas d'infestation	1	très peu de galles de petite taille
2	petites galles plus facilement détectables	3	nombreuses petites galles ; chevelu racinaire encore complet
4	nombreuses petites galles ; quelques grosses galles ; système racinaire fonctionnant encore	5	25% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus
6	50% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus	7	75% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus
8	quasiment plus de radicelles ; chapelets de grosses galles sur les racines principales ; la plante ne peut plus se nourrir	9	système racinaire réduit et rempli de grosses galles empêchant la plante de se nourrir
10	plante et racines mortes		

## 2.3 Importance économique en région méditerranéenne

Les dégâts sont difficilement chiffrables en raison de nombreuses interactions les liant à d'autres pathogènes fongiques ou bactériens, favorisés par les lésions induites par l'entrée des nématodes, et qui hâtent la désorganisation des vaisseaux nourriciers de la plante (parasitisme secondaire). En outre, ils dépendent pour beaucoup du système de culture utilisé (Netscher & Sikora, 1990).

En Europe, ils sont responsables de dégâts atteignant 10% de la production céréalière et entraînent des diminutions de récoltes de 20 à 30% dans les vergers d'agrumes méditerranéens (Feldmesser, 1971). En cultures maraîchères, le problème était caché jusqu'à ces dernières années par l'utilisation systématique des nématicides. Leur interdiction fait ressurgir le problème et l'on note un regain d'intérêt de la profession pour la recherche de méthodes alternatives. Une enquête visant à établir, de manière la plus exhaustive possible, la situation actuelle du problème en région PACA et la répartition sur le terrain des populations a donc été lancée en 2007 et se poursuit actuellement.

## **3 STRATEGIES DE CONTROLE DES NEMATODES A GALLES UTILISANT DES PLANTES RESISTANTES DANS LES ROTATIONS CULTURALES**

En raison de l'extrême résistance de ces parasites, de leur grande variabilité physiologique et du fait qu'ils sont telluriques, il est **très difficile de les combattre**. La lutte contre ces parasites consiste soit à limiter le taux d'infestation au dessous du niveau dommageable aux plantes ('**seuil de nuisibilité**') soit de protéger les plantes contre leurs attaques (Djian-Caporalino *et al.*, 2002).

Toutes **mesures prophylactiques** (nettoyage des outils de travail du sol, destruction des mauvaises herbes « réservoirs de nématodes ») est un préalable indispensable à la limitation des populations et à leur dispersion. La **maîtrise de l'irrigation** (éviter les excès d'eau et l'arrosage à la raie) est également un élément important du contrôle des nématodes.

La **lutte physique** (désinfection vapeur et solarisation) est souvent difficile, onéreuse et pas toujours efficace.

Les **antagonistes naturels** (champignons prédateurs, bactéries, mycorhizes) sont difficiles à produire, à stocker, à utiliser, et leur efficacité est très variable en fonction des types de sol et méthodes culturales. Aucun produit n'est commercialisé en France, mais des essais avec le champignon « nématophage » *Arthrobotrys* sont en cours au (E. Panchaud-Mirabel, Casale chemical SA).

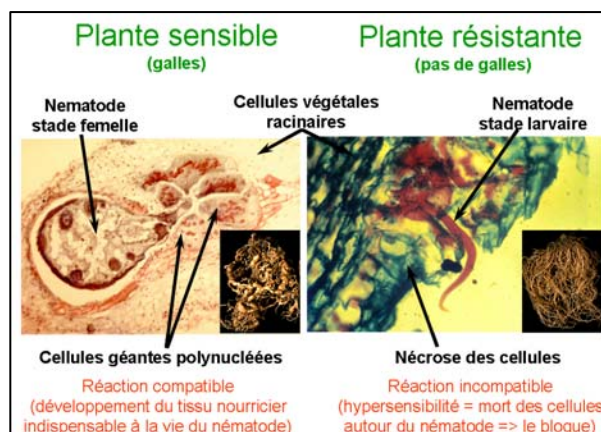
L'utilisation de **plantes nématicides** comme **biopesticides** (extraits de crotalaires, d'ail, d'oignon, de poireau, de Yucca), en **amendements organiques ou biofumigation** (neem, ricin, matière organique végétale ou animale compostée), ou en **engrais vert** (crotalaires, avoine, tagètes, phacélies, moutarde, radis et sorgho fourragers...), donne des résultats variables selon les types de sol et la température qui jouent sur la dégradation de la matière organique. Leur efficacité est relativement limitée sur le court terme. De plus, certaines plantes sont peu adaptées à notre climat ou difficiles à se procurer.

Les recherches se portent donc de plus en plus sur la **gestion des rotations** utilisant des **plantes non-hôtes, mauvais-hôte, voire résistantes**.  
Plantes non-hôtes ou mauvais hôtes

Les dégâts les plus importants causés par les *Meloidogyne* peuvent être observés là où une culture hôte a été cultivée trop fréquemment. Les successions salades-cucurbitacées (melon, concombre, courgette, courge...) ou salades-solanacées (tomate, aubergine...) qui se maintiennent en Provence pour des raisons commerciales, en est l'exemple parfait. Quand cela est possible, la **rotation culturale avec des plantes réputées non hôtes ou mauvais-hôtes** (liliacées : oignon, poireau, ail, asperge ; brassicacées : choux, colza, moutarde ; soja et sorgho...) pourrait être un moyen assez efficace. Les durées minimales conseillées entre deux cultures sensibles sont de 3 à 4 ans, durées qui peuvent augmenter en cas de pression parasitaire importante (les nématodes à galles survivent jusqu'à 5-6 ans dans le sol). Néanmoins, certaines de ces plantes données « mauvais-hôtes ou non-hôtes » dans la bibliographie ou les observations de terrains s'avèrent parfois sensibles : c'est leur **plantations précoces au printemps** (avant février), et **tardives à l'automne** (fin octobre) qui font qu'elles sont moins attaquées, les conditions thermiques de l'hiver n'étant pas favorables aux nématodes, d'où un risque à les utiliser hors de ces périodes.  
Variétés ou porte-greffes résistants

Une des meilleures méthodes de lutte alternative consiste à exploiter les potentialités de **résistances naturelles des plantes**. Pour les nématodes à galles, ces plantes sont des **pièges** puisque les larves pénètrent puis sont bloquées à l'intérieur de la racine et meurent, ce qui **empêche leur multiplication** (Figure 6). Cette méthode a l'avantage de permettre des rotations de culture plus courtes.

**Figure 6 – Comparaison de l'interaction d'un nématode à galle avec une plante sensible (permet son développement et sa multiplication) et avec une plante résistante (le piège dans la racine et l'empêche de se multiplier)**



De plus, après une culture de tomates résistantes sur plusieurs années (5 ans) dans un sol très fortement infesté, il a été observé empiriquement une bonne **réduction du taux d'infestation du sol en nématodes**, puisque la culture de variétés sensibles redevenait possible, les plants ne montrant plus de galles au niveau des racines (recul d'un an seulement). Toute désinfection classique (chimique, vapeur, extraits de plantes toxiques), ne traitant que les 20 à 30 premiers cm de sol, ne détruisent en effet pas les nématodes des couches profondes qui remontent et attaquent la culture suivante. Une plante résistante attire les nématodes grâce à ses exsudats racinaires et c'est dans les racines qu'ils se trouvent **piégés**. Elle empêche donc non seulement leur multiplication mais pourrait permettre également d'**améliorer l'état sanitaire du sol** en réduisant son taux d'infestation.

Néanmoins, les *Meloidogyne* sont très polyphages et il existe **peu de cultures maraîchères résistantes**.

Des espèces de plantes montrant des **résistances partielles** peuvent être exploitées. Ainsi, pour les **Cucurbitacées**, il existe des **porte-greffes apportant plus de vigueur** au plant permettant de minimiser les dégâts dus à *Meloidogyne*. Pour le concombre, les salades ou la carotte, certaines **variétés** sont moins sensibles que d'autres.

A ce jour, seulement quelques espèces de plantes ont montré des potentialités de **résistance totale** aux nématodes à galles: la **tomate** (gènes *Mi*), la **pomme de terre** (gènes *Rmc1*, *MfaXII*), les **piments/poivrons** (gènes *Me*) (Djian-Caporalino et al., 2002). A l'échelle mondiale, seul le gène ***Mi-1*** (qui contrôle *M. incognita* et *M. arenaria* mais pas *M. hapla* et n'est pas actif au-delà de 32°C) est commercialisé à l'heure actuelle. Il a été introgressé il y a 60 ans à partir d'une seule plante sauvage dans toutes les **variétés de tomates résistantes** et les **porte-greffes résistants** actuellement disponibles pour la **tomate** ou l'**aubergine**. Ceci explique en partie la rapidité d'apparition et l'extension de **populations de *Meloidogyne* virulentes** (se multiplient sur plantes résistantes) **vis-à-vis de ce gène *Mi-1*** dans diverses régions du monde (Castagnone-Sereno P., 2002). Ce contournement de résistance semble s'amplifier aujourd'hui, et par conséquent pourrait réduire significativement la durée d'exploitation des variétés résistantes commercialisées.

D'autres **sources de résistance** ont donc été étudiées à l'INRA. Chez le **piment/poivron**, **plusieurs gènes à large spectre d'action et stables à haute température** sont disponibles (Djian-Caporalino et al., 1999, 2007) mais non encore diffusés dans les cultivars. On a montré que certaines de ces résistances étaient **non contournables** malgré de très fortes infestations de *Meloidogyne* (mécanisme différent de *Mi-1* : résistance plus tardive mais plus robuste). Il est donc encore possible d'empêcher l'apparition de populations virulentes. Il apparaît en effet crucial pour ces nématodes vis-à-vis desquels les sources de résistance sont limitées, d'utiliser à bon escient et de **gérer les gènes** disponibles dans un objectif de **résistance durable**. Afin de mettre en place une **gestion spatiale et temporelle efficace des résistances variétales**, les équipes étudient le mode d'action des gènes pour choisir les plus intéressants à combiner (« pyramider ») dans un cultivar sensible, le contournement possible de ces gènes et dans quelles conditions, ainsi que l'impact des ces variétés résistantes sur la structure des populations de nématodes. La **sélection** et le **'pyramiding'** des gènes majeurs conférant si possible une **résistance aux nématodes** de niveau élevé, stable et à large spectre sont un **objectif prioritaire** des programmes actuels d'amélioration. En effet, le marché français des semences de piments/poivrons est très actif et compétitif comme en témoigne le nombre croissant d'hybrides F1 inscrits au Catalogue et les sélectionneurs sont demandeurs de ce type de gènes.

## **4 PROGRAMMES EN COURS A L'INRA**

### **4.1 Création de variétés résistantes robustes et durables**

Deux projets ont débutés en 2007 et 2008 qui visent à comparer les différentes résistances aux nématodes chez la tomate et le piment/poivron pour obtenir des informations pertinentes permettant d'**orienter les sélectionneurs dans la construction de porte-greffes ou de variétés résistantes** (choix du ou des gènes à introgresser, intérêt de combiner plusieurs gènes dans une même plante, choix des variétés à améliorer, création de lignées fixées homozygotes plutôt que des hybrides pour la résistance, etc).

Les financements proviennent du **Ministère de l'Agriculture : contrat CTPS** (Comité technique permanent de la sélection végétale) « Durabilité des résistances aux nématodes chez les Solanacées (tomate, poivron) » **pour 2007-2010**, et du **Réseau Européen ENDURE** « Développement durable d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement. RA4.2 – Exploitation de la résistance génétique naturelle des plantes » **pour 2008-2009**.



#### 4.2 Gestion des rotations pour le contrôle des nématodes dans les agrosystèmes maraîchers méditerranéens

Deux nouveaux projets ont également été acceptés pour les 4 années à venir qui permettront d'étudier, en stations expérimentales et en parcelles d'agriculteurs, l'utilisation de nouvelles lignées de piments résistantes aux *Meloidogyne* (en culture ou porte-greffe) en rotations (culture d'été ou interculture) pendant plusieurs années afin d'évaluer leur intérêt, tant en termes agronomiques que pathologiques :

- (1) évaluer leurs capacités à améliorer l'état sanitaire du sol (piégeage) en réduisant le taux d'infestation du sol,
- (2) étudier leurs modalités d'utilisation (combinaisons, alternances) pour éviter l'apparition de contournements et évaluer leurs effets sur les communautés de nématodes,
- (3) les tester en tant que porte-greffe pour leur résistance à *Phytophthora capsici* et pour leur capacité à donner de la vigueur aux variétés greffées.

Les financements proviennent de l'INRA : **projet PICLeg « Neoleg »** « Vers une nouvelle configuration des agrosystèmes maraîchers méditerranéens sous abri pour une gestion durable des bioagresseurs telluriques » **pour 2008-2011**, et du **Ministère de l'Agriculture ; projet ANR « Sysbiotel »** « Gestion intégrée des bioagresseurs telluriques en systèmes de culture légumiers » **pour 2009-2012**.

Collaborations

Plusieurs organismes de recherches, instituts techniques français et sociétés sont impliqués dans ces projets :

- Le **Centre INRA de Sophia-Antipolis**, Unité Mixte de Recherche Interaction Biotique et Santé Végétale (IBSV), Equipe Interaction Plantes Nématodes (IPN) ;
- Le **Centre INRA d'Avignon**, Unité Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes (UGAFL), équipes Gestion durable des résistances (GDR) et Caractérisation fonctionnelle des interactions plantes/bioagresseurs (CFIPB), et Unité Sciences pour l'action et le développement (SAD), équipe Ecodéveloppement ;
- L'**Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Montpellier**, Centre de biologie et gestion des populations (CBGP) ;
- Le **GRAB** (Groupement de recherche en agriculture biologique) **d'Avignon** ;
- L'**APREL** (Association provençale de recherche et d'expérimentation légumière) **de la région PACA** ;
- Les **Chambres d'agriculture des départements 06, 13 et 84** ;
- Les **sélectionneurs des sociétés privées Vilmorin, Clause-Tézier, et Syngenta Seeds**.

#### 4.3 Retombées scientifiques et techniques attendues

Au final, les résultats obtenus permettront :

- de proposer de **nouveaux moyens de lutte contre les nématodes** face à la restriction massive des molécules permettant une désinfection de sol et de gérer les problèmes de nématodes phytoparasites en l'absence de pesticide ;
- d'étudier l'**effet de rotations avec plante de coupure sur plusieurs années** et d'évaluer **le temps nécessaire à l'amélioration sanitaire du sol** (réduction des parasites sous leur seuil de nuisibilité) par la culture des variétés ou porte-greffes résistants et ainsi proposer aux agriculteurs une méthode capable de faire régresser les populations de nématodes, si le projet détermine que l'utilisation de plantes résistantes « pièges » est économiquement praticable ;
- d'**orienter les sélectionneurs pour la construction de porte-greffes ou de variétés** (choix des gènes à introgresser et des fonds génétiques à utiliser) ;
- d'évaluer la **durabilité et la robustesse des gènes de résistance** avant de les lancer sur le marché et voir si ces gènes se comporteront de la même façon face à des populations naturelles hétérogènes avec de fortes infestations ;
- de proposer aux agriculteurs de **nouvelles variétés résistantes aux nématodes** et conseiller, grâce à des expérimentations, la **meilleure façon de les gérer** (alternance ou combinaison des gènes de résistance dans le temps et l'espace) pour limiter les risques de

contournement et pour faire face à des populations de nématodes de plus en plus virulentes (vis-à-vis du gène *Mi-1*).

## CONCLUSION

Depuis plusieurs années, les possibilités de contrôler les nématodes par des pesticides de synthèse se réduisent, pour des raisons à la fois réglementaires et économiques. On assiste donc à une **montée en puissance des problèmes en maraîchage sous abri**. Il est très **difficile de combattre ces parasites microscopiques toujours cachés dans le sol ou la plante**. Plusieurs méthodes alternatives de contrôle (solarisation, biofumigation, intercultures, antagonistes naturels, désinfection vapeur notamment) font l'objet d'expérimentations en Europe et aux Etats-Unis principalement. Ces travaux montrent aujourd'hui leurs limites, du fait de l'insuffisante efficacité des techniques prises individuellement.

La **gestion des rotations introduisant des plantes non-hôtes, mauvais-hôtes ou résistantes** semble actuellement la plus **prometteuse** pour contrôler les nématodes à galles. Une **recrudescence des programmes de sélection** prenant en considération la **résistance des plantes aux nématodes** chez les semenciers voit ainsi le jour actuellement. De nouveaux **projets INRA ou Européens en collaboration avec les Instituts techniques** ont également été lancés.

Néanmoins, pour justifier ces projets et pour décider de la poursuite des efforts de recherche appliquée dans ce domaine, il est nécessaire de déterminer s'il s'agit réellement d'un **problème majeur, en croissance**, comme les premiers résultats d'enquête semblent l'indiquer. Cette enquête visant à établir, de manière la plus exhaustive possible, la **situation actuelle des problèmes de nématodes à galles** en région PACA et la répartition sur le terrain des populations va donc se poursuivre et nécessite une participation de tous les acteurs concernés (l'anonymat sera conservé). Si le problème est confirmé d'importance, certains des programmes de recherche visant à **mieux gérer les problèmes nématologiques et proposer des solutions durables** pourront être amplifiés ces prochaines années.

## BIBLIOGRAPHIE

- > BLOK V.C, JONES J.T, PHILLIPS M.S, TRUDGILL D.L., 2008- [Parasitism genes and host range disparities in biotrophic nematodes: the conundrum of polyphagy versus specialisation](#). *BioEssays: news and reviews in molecular, cellular and developmental biology*, 30(3), 249-59.
- > CASTAGNONE-SERENO P., 2002. Genetic variability of nematodes: a threat to the durability of plant resistance genes? *Euphytica*, 124, 193-199.
- > DJIAN-CAPORALINO C., PIJAROWSKI L., JANUEL A., LEFEBVRE V., PHALLY T., PALLOIX A., DALMASSO A. AND ABAD P. 1999. Spectrum of resistance to root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) and inheritance of heat-stable resistance in the PM687 line derived from PI 322719. *Theor. Appl. Genet.*, 99, 496-502.
- > DJIAN-CAPORALINO C., FAZARI A., ARGUEL M.J., VERNIE T., VANDECASTEELE C., FAURE I., BRUNOUD G., PIJAROWSKI L., PALLOIX A., LEFEBVRE V. AND ABAD P. 2007. Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) *Me* resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. *Theor. Appl. Genet.*, 114, 473-486.
- > DJIAN-CAPORALINO C., BOURDY G. AND CAYROL J.C. 2008 (nouvelle édition). *Plantes nématocides et plantes résistantes aux nématodes*, p. 125-185. Dans: *Biopesticides d'origine végétale : potentialités phytosanitaires*. C. Regnault-Roger et al, Editions Tec & doc, Lavoisier, Paris, 546 pp.
- > FELDMESSER J. (1971). Estimated crop losses from plant-parasitic nematodes in the United States. *Soc. Nematol. (USA) Special Publication*, No. 1.
- > NETSCHER C, SIKORA RA (1990). *Nematode parasites of vegetable in plant-parasitic nematodes in subtropical agriculture*. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J. *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical Agriculture*. CAB International, London, 237-258.

# PREVENTION CONTRE LES NEMATODES A GALLES EN AB 10 ANNEES D'EXPERIMENTATION

**Alain ARRUFAT**

CIVAMBIO66 - 19 Av. de Grande Bretagne - 66025 PERPIGNAN Cedex

Tél. : 04 68 35 34 12 Fax : 04 68 34 86 15 Email : arrufat.civambio.66@wanadoo.fr

## RESUME

Dans le cadre d'une expérimentation de longue durée ayant pour but de réaliser des comparaisons technico-économiques entre une conduite en agrobiologie et une conduite en protection intégrée, un dispositif original (baptisé BIOPHYTO) a été mis en place à Théza (66) en 1993. Le premier objectif, de ce site, est la limitation des intrants chimiques. Nous avons en particulier travaillé sur les problèmes phytosanitaires du sol notamment les nématodes à galles. Ce suivi nous a permis de mettre en évidence l'influence de rotations de cultures d'espèces différentes, de cultures non hôtes et de la solarisation sur ces ravageurs telluriques.

## INTRODUCTION

### "Biophyto", un dispositif original

Le fonctionnement de ce projet repose sur une mise en commun de moyens et d'intérêts complémentaires, associant le CIVAM BIO 66 et la CENTREX pour la mise en œuvre des protocoles, le Lycée Agricole de Théza pour les aspects de formation.

Ce site est composé de 4 tunnels de 400 m<sup>2</sup>, qui forment en tout 8 parcelles d'essai individualisées en demi tunnels. Deux tunnels (T1 et T2) sont conduits en culture intégrée et les deux autres (T3 et T4) en agriculture biologique.

Un des tunnels bio (T3), ainsi que les deux tunnels intégrés reçoivent une rotation annuelle de deux cultures, une laitue en hiver suivie d'une cucurbitacée au printemps (melon ou concombre), dans le but d'accélérer l'apparition des problèmes de fatigue de sol. L'autre tunnel bio (T4) reçoit une rotation de cultures d'espèces différentes sur trois ans (laitue, melon, céleri, tomate, blette, fenouil). A partir de 2003 la rotation d'espèces différentes est réduite à 2 années (laitue, melon, épinard, fenouil) pour évaluer l'effet d'une rotation plus courte. 2007-2008 correspond à la 14<sup>ème</sup> saison de culture et à la fin du projet suite au désengagement de la CENTREX.

Différentes stratégies de traitements de sol en été (solarisation, engrais verts, annuels ou en alternance...) sont testés seuls ou combinés, sur chaque parcelle tous les ans. La solarisation est réalisée sur une durée de 60 jours, de fin juillet à mi septembre. L'engrais vert principalement utilisé est le sorgho fourrager, semé fin juillet à 50 kg/ha puis broyé 2 mois plus tard. Le T2 Nord reste en sol nu, c'est la parcelle témoin sans traitement du sol alors que le T1 Sud est notre référence solarisation annuelle.

Les autres demi tunnels en agriculture conventionnelle reçoivent différents traitements, voir dispositif expérimental (Figure 1).

Figure 1 : dispositif expérimental

BIOPHYTO Historique des traitements expérimentaux

	Tunnel Conduite Biologique		Tunnels en Conventionnel					
	T4		T3		T2		T1	
	Nord	Sud	Nord	Sud	Nord	Sud	Nord	Sud
Année 1: 93-94	Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon	
Stratégies des traitements d'été résumées entre 94 et 1998	Engrais vert annuel	Solarisation annuelle	Engrais Vert annuel	Solarisation 3 ans puis engrais vert	Sol nu annuel (témoin)	Solarisation 3 ans puis engrais vert	Sol nu puis Vapeur Plaques (1 an)	Solarisation annuelle
Été 99	Engrais Vert	Solarisation	Engrais Vert	Solarisation	Sol nu	Solarisation	Vapeur Bâches	Solarisation
Année 7: 99-00	Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon	
Été 00	Engrais Vert	Solarisation	Sorgho+ Solarisation	Radis Fourrager + Solarisation	Sol nu	Solarisation	Engrais vert	Solarisation
Année 8: 00-01	Céleri - Navet		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon	
Été 01	Solarisation	Tagete	Solarisation puis Sorgho	Solarisation puis Radis Fourrager	Sol nu	Engrais vert	Sol nu	Solarisation
Année 9: 01-02	Choux rave - Épinard		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre	
Été 02	Moha	Moha	Moha	Moha	Sol nu	Solarisation	Sorgho	Solarisation
Année 10: 02-03	Laitue - concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre	
Été 03	Solarisation	Sorgho	Solarisation	Solarisation puis tagette	Sol nu	Basamid + Solarisation	Sol nu (été) Mucop (mars)	Solarisation
Année 11: 03-04	Fenouil - Epinard		Oignon		Laitue - Melon		Laitue - Melon	
Été 04	Solarisation	Sorgho	Solarisation	Solarisation puis tagette	Sol nu	Solarisation	Basamid + Solarisation	Solarisation
Année 12: 04-05	Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon	
Été 05	Vesce (manquée donc sol nu)	Solarisation	Sol nu	Sol nu	Solarisation	Solarisation	Basamid + Solarisation	Solarisation
Année 13: C05-06	scarole - Aubergine		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon	
Été 06	Culture d'Aubergine		Sorgho	Sorgho	Sol nu	Sorgho	Sol nu	Solarisation
Année 14: C06-07	Laitue - concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre	
Été 07	Sorgho	Solarisation	Sorgho	Solarisation	Sol nu	Basamid 50g + Solarisation	Basamid 50g + Solarisation	Basamid 70g + Arrosage
Année 15: C07-08	Céleri - Haricot vert		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre	

Les données agronomiques (fertilisation, suivi nitrates en culture, rendements, ...) et phytosanitaires (mortalité, observation des systèmes racinaires, identification des pathogènes ...) sont enregistrées par demi tunnel.

## 1 OBSERVATIONS REALISEES EN CULTURE DE PRINTEMPS

**Notation des symptômes (indice de galles) sur racines** de l'ensemble des plantes des deux rangs centraux de chaque demi tunnel en fin de culture.

Notation nématodes à galles (*Meloidogyne* sp.)

0 = pas de galles ; 1 = moins de 10% des racines touchées ; 2 = de 10 à 50 % de racines touchées ; 3 = de 50 à 90 % de racines touchées ; 4 = totalité des racines atteintes.

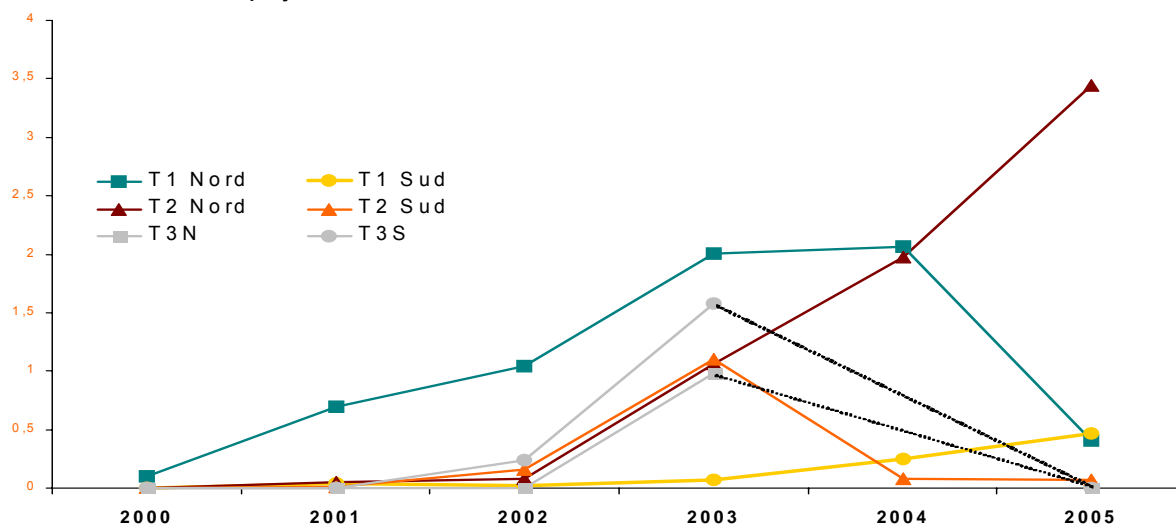
**Cartographie des dégâts.**

## 2 EVOLUTION DE LA COLONISATION PAR LES NEMATODES

Pour les cultures de printemps, les nématodes sont, sur le site, le problème tellurique dominant. Les premières galles ont été repérées dans le demi tunnel T1 Nord en 2000. Cette contamination est due vraisemblablement à l'introduction de nématodes d'une exploitation voisine par les outils de travail du sol. La colonisation s'est étendue progressivement aux tunnels voisins, dès 2002 les 6 demi tunnels intensifs sont contaminés.

### 3 RESULTATS INTERMEDIAIRES EN 2005

Graphique 2 : Evolution de la note moyenne d'indice de galles. Observations sur 130 plants par demi tunnel - Biophyto 2000 -2005.



Le T4 n'apparaît pas sur le graphique, la présence de dégâts de nématodes est insignifiante, en effet on ne trouve qu'un pied de concombre porteur de galles (classe 1) en 2003 dans le T4 Nord et un seul pied de melon (classe 2) dans le T4 Nord en 2005. Cela confirme l'intérêt des rotations, d'autant plus que dans notre dispositif, le travail du sol des différents tunnels est réalisé avec les mêmes outils.

Les observations montrent une augmentation des dégâts dans toutes les autres parcelles jusqu'en 2003.

Dans le Tunnel 3, fortement colonisé en 2003 deux stratégies sont mise en place.

T3 Nord : solarisation (été 2003) suivie d'une culture non hôte pour les nématodes à galles (oignon botte), suivie d'une autre solarisation (été 2004).

T3 Sud : solarisation suivie d'une culture de *Tagete minuta* (été 2003) suivie d'une culture non hôte pour les nématodes à galle (oignon botte), suivie d'une autre solarisation + *Tagete minuta* (été 2004).

A l'arrachage du melon en 2005 aucune galle n'est retrouvée sur les plants du T3. La combinaison des solarisation avec la culture non hôte a donné un résultat spectaculaire mais il n'est pas possible d'évaluer la part de chacune des différentes techniques dans ce résultat. Les mesures ne nous permettent pas d'évaluer le gain d'efficacité apporté par la culture de tagète dans le T3 Sud. Dans le T1 Sud, la solarisation annuelle permet de contrôler suffisamment la population pour maîtriser son développement et ne pas pénaliser le rendement jusqu'en 2005, alors que ce demi tunnel est voisin du demi tunnel (T1 Nord) dans lequel sont apparues les premières contaminations.

### 4 BILAN EN 2008

L'effet rotation, dans le T4, est encore notable en 2008, aucune galle n'est repérée sur les racines des deux doubles rangs centraux de concombre. Par contre le suivi complémentaire des rangs de bordure initié en 2006 fait apparaître un développement de la présence de galles sur 3 zones.

Dans le T3 le niveau de contamination a augmenté sans entraîner de perte de rendement significative. Les différentes solarisations réalisées durant la durée du suivi ont donné des résultats variables, seules celles réalisées en 2006 ont entraîné une baisse significative de l'indice de galles moyen.

## **5 POURSUITE DES EXPERIMENTATIONS**

En 2009 nous mettrons en place un essai d'évaluation d'une mise en place précoce, au 20 juin, de la solarisation par rapport à une pose classique fin juillet. Deux essais de Bio-solarisation (apport de fumier frais enfoui superficiellement avant une solarisation) ont été mis en place cet été 2008.

## **6 CONCLUSION**

Le dispositif Biophyto, nous a permis de mettre en évidence l'intérêt des rotations sur les nématodes, pratique qui est une des bases de l'agriculture biologique. En situation de parcelles contaminées nous avons obtenu une efficacité remarquable avec une culture non hôte encadrée par deux solarisations.

Des essais d'évaluations de nouvelles techniques permettront d'élargir la gamme des outils de lutte. La limitation de l'impact des nématodes à galle passera la réalisation d'un itinéraire de rotations de cultures associé à la combinaison de différentes techniques.

La définition de seuils de contamination (indice moyens de galles) serait utile pour adapter une stratégie au niveau de la parcelle.





# TABLE RONDE - PRODUCTION DE PLANTS POTAGERS BIOLOGIQUES : SPECIFICITES TECHNIQUES ET REGLEMENTAIRES

**Frédéric REY**

*Institut Technique de l'Agriculture Biologique  
Maison des Agriculteurs B - Mas de Saporta – F-34970 LATTES  
Frederic.Rey@itab.asso.fr*

## INTRODUCTION

L'objectif de la table ronde est de faire un point sur l'offre en semences potagères biologiques et sur la production de plants potagers biologiques. Après une présentation générale du contexte, des éléments de discussions seront apportés par le témoignage de deux producteurs de plants potagers : l'un ne produisant que des plants biologiques, l'autre, de taille plus importante, produisant à la fois des plants biologiques et des plants conventionnels.

Leur témoignage est intéressant parce qu'ils utilisent des quantités importantes de semences, et que de plus en plus de maraichers bio passent par leur intermédiaire. Le choix variétal ainsi que le choix d'une semence bio ou non-traitée par le producteur de plants auront des conséquences importantes sur la filière des semences biologiques. Ils sont donc des acteurs importants à prendre en compte.

Enfin, la production de plants en bio a des spécificités techniques que nous proposons également d'aborder.

Déroulement de la table ronde :

- Présentation du contexte par Frédéric REY, commission semences & plants, ITAB
- Témoignage de Jean Claude GRILLET, SCEA des Deux Platanes, Quartier Entrefoux, 13370 MALLEMORT
- Témoignage de JM Mounier, EURL du Tilleul, 290, chemin du Tilleul BP103, 13833 CHATEAURENARD Cedex
- Echanges avec l'assemblée

## 1 CONTEXTE DES SEMENCES POTAGERES BIOLOGIQUES

### 1.1 L'offre en semences potagères biologiques

Les 24 et 25 septembre 2008, ECO-PB (Consortium européens des sélectionneurs pour l'AB) organisait aux Pays-Bas un colloque européen sur le thème de « l'offre et la demande en semences biologiques »<sup>8</sup>. Le premier constat concernant l'utilisation des semences bio est le suivant : la part de l'utilisation des semences biologiques est de l'ordre de 20 à 50 % chez les légumiers en circuits longs alors qu'elle est de 80 à 100 % chez les maraichers diversifiés en circuits courts.

Bien que toujours difficile à cerner, le marché des semences bio est en nette progression, et représente parfois jusqu'à près de 10 % des ventes de semences dans des entreprises conventionnelles ayant une production de semences bio conséquente ! L'intérêt de développer une filière semence biologique est triple. Il s'agit de préserver l'intégrité et la crédibilité de l'agriculture biologique qui ne doit pas être tributaire de l'agriculture conventionnelle pour la production de semences. C'est aussi pouvoir assurer au

<sup>8</sup> [http://www.eco-pb.org/09/Report\\_ECO-PB\\_Organic\\_Seed\\_meeting\\_NL\\_08092526.pdf](http://www.eco-pb.org/09/Report_ECO-PB_Organic_Seed_meeting_NL_08092526.pdf)

consommateur qu'un produit est totalement bio, de la graine à l'assiette. C'est aussi permettre le développement d'une sélection adaptée avec des critères spécifiques et des méthodes de sélection compatibles avec les principes de l'AB. L'objectif, à terme, est avoir une offre satisfaisant au mieux les attentes et besoins des maraichers biologiques.

Il est observé trois niveaux d'engagement des entreprises semencières :

- celles qui ont développé une gamme conséquente en bio ou 100% bio ;
- celles qui s'engagent plus timidement ;
- celles qui ne souhaitent pas développer de gamme bio.

## 1.2 Aspects réglementaires

Les semences et matériels de reproduction végétative doivent être biologiques. Le règlement européen 1452/2003 prévoit que des dérogations pour des semences conventionnelles non traitées sont possibles dans certains cas. Pour la gestion de ces dérogations, chaque pays européen a mis en place des listes :

- Catégorie 1 : liste hors dérogations (HD) : offre suffisante, pas de dérogation possible
- Catégorie 2 : liste normale : dérogation possible si variété non disponible en bio
- Catégorie 3 : liste des autorisations générales

Le statut des groupes variétaux en catégorie 1, 2 ou 3 est défini par des groupes d'experts. En France, ils sont sous l'égide de la Commission Nationale de l'AB à l'INAO.

Certains pays expérimentent différents moyens pour stimuler l'offre et l'utilisation des semences biologiques.

*Exemple des Pays-Bas :*

- Renforcement réglementaire avec une liste HD bien fournie (79 groupes variétaux), dérogation possible pour les nouvelles variétés à condition que l'entreprise s'engage à la produire en bio l'année suivante.
- Définition des variétés qui manquent en bio, communication avec les semenciers concernés pour les faire produire en bio.
- Définition de perspectives à moyen-long terme.

*Exemple de la Suisse :*

- Dérogations payantes du montant de la différence entre le prix d'une semence NT et celui d'une semence bio pour les grandes cultures et les pommes de terre. Ce fond sert de financement pour des projets sur les traitements des semences bio (ex. carie).
- 239 groupes variétaux en liste HD.

## 1.3 Multiplication des semences potagères biologiques

D'une manière générale, les surfaces produites en bio sont liées à la structure de l'établissement multiplicateur et à ses marchés.

Les espèces « faciles » à multiplier sont les laitues, les chicorées, les cucurbitacées et les solanacées. Les résultats sont plus aléatoires pour les carottes et chou (désherbage, *Alternaria*), l'oignon (désherbage, mildiou), le haricot (battage de petits lots, bactériose), la fève et les petits pois (bruche ...).

La gestion des plantes adventices reste toujours un point délicat de la culture des porte-graines, notamment pour les espèces bisannuelles qui sont parfois plus de 12 mois en place. Une mauvaise maîtrise du désherbage peut générer des coûts de main d'œuvre importants, voire une perte totale de la production. Ce poste peut représenter 30 à 70 % des charges, et c'est une des principales raisons du surcoût des semences biologiques. D'autres éléments rentrent également en compte :

- La castration manuelle des fleurs (et non chimique)
- L'ouverture manuelle des pommes de laitues (et non aux hormones)

- Le manque d'économie d'échelle et donc parfois de mécanisation en raison de la petite taille des lots commercialisés en semences biologiques

#### 1.4 Qualité des semences potagères biologiques :

Les normes de qualité pour la commercialisation des semences et plants biologiques sont les mêmes que celles pour les semences conventionnelles. Cette production suit donc un double cahier des charges : une obligation de moyen (règlement AB) et une obligation de résultats (règlement de la production de semences).

Concernant les qualités germinative et sanitaire des semences biologiques, les études FNAMS/ITAB menées depuis 1999, montrent que les semences potagères produites dans un itinéraire agrobiologique sont d'une qualité souvent « comparable » à celles produites en conventionnel. Des différences peuvent cependant être observées selon divers critères qui restent à hiérarchiser : espèce, variétés biologiques ou non, zone de production.

La prophylaxie au champ et à la récolte ainsi que de la multiplication de variétés adaptées restent prioritaires. Il existe cependant plusieurs méthodes pour améliorer la qualité sanitaire des semences biologiques. Certaines, comme la thermothérapie (traitements des semences à l'eau chaude ou à la vapeur), sont déjà mises en œuvre par quelques établissements. Très efficaces contre de nombreux agents pathogènes véhiculés par les semences, ces traitements peuvent être délicats à mettre en œuvre pour ne pas affecter la faculté germinative des graines. Sur la plupart des espèces potagères, cette technologie peut être appliquée avec une bonne efficacité contre les infestations fongiques (95 % pour les *Alternaria*, 80 à 95% pour les *Phoma lingam* ou *Phoma valerianella*) ou bactériennes. D'autres techniques sont encore à l'état exploratoire, elle peuvent être regroupées en quatre catégories (Michelsoni *et al.*, 2007) :

- **Méthodes physiques** : la thermothérapie est la technique la plus étudiée. Différents fluides de transfert de chaleur sont possibles (eau, air, vapeur). D'autres méthodes sont aussi développées : rayonnement infrarouge, pression osmotique, ultrasons, vide, mécaniques (brossage, ventilation), stockage (Mériaux, 2008).
- **Méthodes chimiques** : traitement au cuivre, acides lactique, acide acétique (cf. Alter-Agri n°53), éthanol...
- **Extraits organiques** : poudre de lait, de moutarde (ex. *TILLECUR*), extraits de plantes, huiles essentielles.
- **Micro-organismes** : ce sont les méthodes les plus récentes. Il est potentiellement possible de développer des agents de contrôle biologiques contre différents parasites, mais ils seront spécifiques d'un pathogène, la technique ne pourra pas être universelle. Ce sont souvent des champignons ou des bactéries qui sont utilisés, en enrobage de semences. Des produits de ce type sont déjà commercialisés en Europe, comme par exemple le *CERALL* qui vient d'être homologué en France sur céréales contre la carie (utilisable en bio).

Aspects réglementaires : Seules les méthodes physiques telles que la thermothérapie n'ont actuellement pas de contrainte réglementaire, excepté le respect de conditions de sécurité.

## **2 TEMOIGNAGE DES PRODUCTEURS DE PLANTS POTAGERS BIO**

- *Présentation de leur entreprise et de l'historique de leur production en bio.*
- *Spécificités réglementaires de la production de plants bio : gestion des dérogations, choix variétaux, gamme variétale disponible, demande et exigences des maraichers...*
- *Spécificités techniques de la production de plants bio : qualité des semences bio (faculté germinative, qualité sanitaire), contraintes techniques de la production de plants bio (gestion du risque, terreaux, protection des plants, greffage de plants...)...*

## BIBLIOGRAPHIE

*Actes de la journée Technique ITAB sur le traitement des semences bio à l'eau chaude (2008) : <http://www.itab.asso.fr/downloads/actes%20suite/jt-semences2008.pdf>*

Lizot J-F., Griboval B., Guenard M., 2002. Désinfection des semences : des produits naturels pour la bio. *Alter-Agri* N°53, 20-21.

Mériaux B., 2008. Synthèse des méthodes biologiques de traitement de semences. Actes journées technique thermothérapie, 22 janvier 2008, Paris, téléchargeable sur [www.itab.asso.fr](http://www.itab.asso.fr).

Michelsoni C., Plakolm G., Schärer H., 2007. Report on seed born diseases in organic seed and propagation material. Research to support the revision of the EU Regulation on organic agriculture. 32 p.

Rapport Eco-PB, 2008. Colloque européen sur le thème de « l'offre et la demande en semences biologiques » :

[http://www.eco-pb.org/09/Report\\_ECO-PB\\_Organic\\_Seed\\_meeting\\_NL\\_08092526.pdf](http://www.eco-pb.org/09/Report_ECO-PB_Organic_Seed_meeting_NL_08092526.pdf)

Rey F., 2008. Création variétale de légumes biologiques. *Alter Agri*, n°91, 23-29.

Rey F., 2008. Traitements de semences compatibles avec l'AB, focus sur la thermothérapie. *Agri*, n°88, 24-27.