



# Nématodes à galle, des ravageurs de plus en plus préoccupants

## Résultats de trois ans d'enquête dans quinze régions françaises

Caroline Djian-Caporalino\*

**Dans le numéro de septembre 2009 de *Phytoma*, nous vous présentons les nématodes à galle des racines avec leur importance économique dans le monde, et nous répertoriions quelques méthodes de lutte pour tenter de gérer ces redoutables bio-agresseurs des cultures. Voici aujourd'hui la synthèse d'une enquête lancée par l'équipe IPN (Interaction Plantes Nématodes), de l'INRA de Sophia Antipolis entre 2007 et 2010 pour évaluer les problèmes dus à ces nématodes en France sur cultures maraîchères.**

**E**n France, la production légumière en sol et sous abri occupe 1 % de la surface agricole utile (SAU) française mais représente 6,4 % de la valeur agricole produite (données Agreste<sup>(1)</sup>). La production sous abri, occupant une partie de cette surface, emploie une main-d'œuvre très nombreuse. Son importance économique ne se chiffre donc pas qu'à la valeur de sa production, mais aussi par sa contribution à l'emploi.

### Nématodes à galle, pression sentie comme croissante

Cette production s'est déjà fortement engagée dans la voie d'une réduction de l'usage des pesticides, principalement sous l'effet de contraintes externes, réglementaires, sanitaires, environnementales et commerciales. Comme nous l'évoquions dans l'article « *Nématodes à galle, l'atout des plantes pièges* », par Djian-Caporalino C., Védie H. et Arrufat A., paru dans *Phytoma*, Dossier « *Moyens alternatifs* », de septembre 2009 (n°624-625, p.21-25)<sup>(2)</sup>, la

pression parasitaire des nématodes à galle en cultures légumières ne fait que s'accroître avec l'évolution de la législation européenne sur les pesticides, les conclusions du Grenelle de l'Environnement et le plan Ecophyto 2018.

On assiste donc à une montée en puissance de ces parasites microscopiques difficiles à combattre, d'autant plus qu'ils sont très polyphages et restent cachés dans le sol ou les plantes.

### Enquête d'abord en Provence-Alpes-Côte-d'Azur

Une enquête menée depuis 2007 pour l'équipe Interaction Plantes Nématodes (IPN) de l'INRA de Sophia Antipolis avait pour objectif d'établir la situation en Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Il s'agissait principalement de connaître la perception que la profession (exploitants, conseillers agricoles...) avait du problème (mineur, majeur, en décroissance, en croissance...) en concentrant des informations jusqu'alors éparpillées ou verbales en un document unique.

### Organismes et régions associés à l'enquête

**O**nt participé : les Chambres d'agriculture des départements 06, 13, 14, 47, 51, et 73 ; les CETA (Centres d'études techniques agricoles) de la région PACA (CETA de l'Etoile, de Chateaufort, d'Eyragues, du Soleil, de Saint-Martin-de-Crau, d'Eyguières, d'Aubagne, des Serristes du Vaucluse) ; la coopérative agricole SAS Terre-d'Azur, de Cagnes-sur-Mer (06) ; le SRPV (Service régional de la protection des végétaux) LNDS-QUALIS d'Aquitaine (40) et la DRIAF d'Ile-de-France ; le GRAB (Groupement de recherche en agriculture biologique) d'Avignon (84) ; les équi-

pes INRA, Unité Ecodéveloppement d'Avignon (84) et UMR BiO3P de Rennes (35) ; l'IRD (Institut de recherche pour le développement) UMR CBGP de Montpellier (34) ; le CTIFL (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes) de Balandran (34) ; le CIVAM BIO (66) ; les sociétés NIXE de Sophia Antipolis (06), Hortis Aquitaine (47), Aïrel (47) et UREA CASALE Laboratoire (31) ; le Syndicat Défense Label Rouge et IGP Ail rose de Lautrec (81) ; la station régionale de l'ACPEL (Association Charentes-Poitou d'expérimentation légumière) (17).

\* INRA, Centre PACA, UMR Interactions biotiques et santé végétale INRA/UNSA/CNRS, 400, route des Chappes BP 167 - 06903 Sophia Antipolis cedex.  
e-mail [caroline.caporalino@sophia.inra.fr](mailto:caroline.caporalino@sophia.inra.fr)  
(1) <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr>  
(2) Article intégral sur le site Web de l'INRA de Sophia Antipolis à l'adresse : [http://www2.sophia.inra.fr/article\\_phytoma\\_integr](http://www2.sophia.inra.fr/article_phytoma_integr)

Cette action avait également comme but de réaliser une cartographie des populations, de réactualiser des données anciennes (certaines datant des années 60) et de localiser des parcelles où des essais de lutte biologique ou de nouvelles variétés résistantes pourraient être testés et ainsi à terme de mieux gérer les problèmes nématologiques et proposer des solutions durables.

## Enquête élargie suite à la demande

Suite à la demande de certaines chambres d'agriculture, l'enquête a été élargie à d'autres régions en France ainsi qu'à d'autres genres de nématodes phytoparasites, principalement nématodes à kystes (les autres nématodes étant difficilement décelables sans analyse microscopique par des professionnels<sup>(3)</sup>).

Divers partenaires ont été associés à cette enquête afin de récolter le plus grand nombre possible d'informations : voir encadré p. 43. Des fiches à renseigner ont été fournies. Elles sont toujours disponibles sur le site Web de l'INRA de Sophia Antipolis à l'adresse : « [http://www2.sophia.inra.fr/enquete\\_nematodes](http://www2.sophia.inra.fr/enquete_nematodes) » et alimentent une base de données<sup>(4)</sup>.

En effet, un suivi de l'évolution du problème des nématodes en France et des méthodes de lutte testées par les agriculteurs ou les centres techniques d'expérimentation sera réalisé.

Ainsi, la base de données sera mise à jour chaque année.

Le premier bilan de l'enquête réalisée de 2007 à 2010 est donné dans les tableaux 1 et 2. Il concerne 15 régions françaises ayant participé à l'enquête.

## Nématodes à galles en maraîchage conventionnel en PACA

En évaluant le nombre d'exploitations concernées par les nématodes par rapport au nombre total d'exploitations maraîchères sondées (tableau 1), on peut d'ores et déjà mettre en évidence l'importance du problème des nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) dans le sud-est de la France (région Provence-Alpes-Côte-d'Azur) où plus de 40 % des exploitations maraîchères sont touchées. Ce pourcentage a augmenté entre 2007 et 2010 et ne cesse de croître.

(3) Les nématodes sont des vers microscopiques (photo 1). Ceux du genre *Meloidogyne* sont repérables par les galles caractéristiques qu'ils occasionnent aux racines (photo 2). Les nématodes à kystes provoquent la prolifération de radicelles (il n'y a pas de galles) et la femelle reste accrochée à l'extérieur de la racine, sa cuticule se durcissant pour former un kyste (photo 3 p. 48). D'autres nématodes phytoparasites importants en France entraînent des dégâts non caractéristiques ou mal connus : les *Pratylenchus* entraînent des pourrissement de racines ; les *Ditylenchus*, quelques lésions brunes, des déformations des tiges, feuilles et bulbes, des pourritures du collet ; les Aphelenchoïdes, des taches brunes d'aspect géométrique sur les feuilles et un rabougrissement des plants ; les *Xiphinema* transmettent des viroses, etc.

(4) Créée par Xavier Bernadet, responsable de l'équipe informatique du centre INRA de Sophia Antipolis.



Photos : INRA

1 - Nématodes (*Anguillule*) des racines vus à la loupe binoculaire.

Ce sont en général de petites exploitations de production sous abris froids ou de plein champ pratiquant des rotations classiques solanacées (tomate, poivron, aubergine) ou cucurbitacées (melon, concombre, courgette) en été et salades, voire blettes, en hiver (tableau 2, p. 46).

La majorité des exploitations étaient menées en chimique avec traitement systématique des parcelles avant culture. Dans certaines, des pertes de rendements importantes étaient déjà liées à la présence des nématodes à galles. Depuis le retrait des matières actives nématicides, le problème des nématodes à galles a explosé dans ces exploitations et est apparu dans d'autres. Les cultures les plus touchées sont les cucurbitacées, les tomates, les aubergines non greffées et, de plus en plus, les salades d'hiver qui, plantées trop tôt, ne se développent plus.

Dans certaines exploitations, même les tomates, aubergines, melons ou concombres greffés sur porte-greffe résistants sont attaqués. La cause n'a pas été déterminée. Plusieurs hypothèses sont posées. On sait en effet que le gène *Mi-1* présent dans les porte-greffe tomate et aubergine n'est pas actif lorsque la température du sol dépasse 30 °C. Mais on sait également que ce gène ne contrôle pas l'espèce de nématode à galles *Meloidogyne hapla* (*M. arenaria* et *M. incognita* contrôlées par le gène *Mi-1* sont les espèces prédominantes du sud de la France mais on commence à y déceler *M. hapla*).

Enfin, suite à de fortes pressions d'inoculum, le gène *Mi-1* peut être contourné par des populations dites virulentes (qui se développent sur plantes résistantes). Des études récentes montrent que ce contournement serait plus « facile » si le gène de résistance est introduit dans une variété cultivée très sensible au départ, alors qu'il pourrait conserver une résistance durable s'il est introduit dans une variété déjà quelque peu tolérante. Seules des analyses nématologiques réalisées sur des plants résistants attaqués pourraient permettre de déterminer la cause de ces attaques.

## Maraîchage biologique en Provence-Alpes-Côte-d'Azur

Dans les exploitations menées en agriculture biologique, le problème était déjà existant mais il semble s'amplifier depuis quelques années. Des tentatives très coûteuses de

désinfection vapeur ou des essais de lutte biologique au moyen de tourteaux de ricin et de neem, d'amendements, d'engrais verts (généralement sorgho), même associés à la solarisation, ne montrent que des efficacités très variables selon les exploitations, parfois équivalentes à celles où aucun traitement n'a été réalisé. Certains producteurs ont même dû abandonner la culture de cucurbitacées, voire l'exploitation totale de certaines parcelles pour le maraîchage en été.

On remarque qu'une exploitation fortement infestée arrive néanmoins à maintenir de bons rendements en réalisant des apports annuels conséquents de compost de fumier de cheval (30 à 50 t/ha) et d'amendements organiques (3 à 5 t/ha), mais ceci depuis 1995 !

Une autre, également très infestée il y a 7 ans, a réussi à « nettoyer » le sol de ses parcelles en cultivant pendant 5 années consécutives des tomates greffées sur porte-greffe résistant ainsi que des fraises. Elle est revenue depuis 2 ans à des cultures de tomates anciennes sensibles, et aucune galle n'a encore été décelée sur les racines.

## Côté Languedoc-Roussillon

En Languedoc-Roussillon, les exploitations maraîchères menées en agriculture biologique sont également touchées (pour environ 20 % d'entre elles) et les mêmes conclusions qu'en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur peuvent être tirées pour des rotations identiques.

## En Aquitaine

En Aquitaine, la taille des exploitations est beaucoup plus importante et elles sont plutôt menées en plein champ pour des cultures de carotte et maïs. Sur ces cultures, on note plutôt des problèmes importants de *Pratylenchus*.

Néanmoins, environ 20 % des exploitations montrent des problèmes récents de nématodes à galles. Les exploitations produisant des solanacées, cucurbitacées, fraises et salades sous abris froids sont touchées depuis l'interdiction des fumigants nématicides et le problème des nématodes à galles est en pleine extension, occasionnant des pertes importantes de rendement.

Des essais de solarisation se révèlent d'efficacité variable à nulle. Seules les cultures de plants greffés résistants permettent d'éviter les pertes là où des cultures de cucurbitacées sont quasi impossibles. Les poivrons en général semblent moins sensibles.

## Même sur kiwi en Corse

Une exploitation de kiwi en Corse, traitée par l'*Enzone* (sodium tétrathiocarbonate) subit néanmoins des baisses de rendement de 10 à 20 % avec un retard de production d'au moins 2 ans sur jeunes plants à cause d'attaques fortes de *Meloidogyne*.

## Plus au nord, des galles en plein champ

Ces nématodes à galles se retrouvent même dans des zones plus septentrionales.

Dans de grandes exploitations de céleri de Poitou-Charentes, ils peuvent causer jusqu'à 60 % de perte de rendement. La désinfection vapeur ne limite que plus ou moins les dégâts.

On a détecté *Meloidogyne chitwoodi*, exclusivement ou en combinaison avec *Meloidogyne fallax*, en Picardie sur pomme de terre de consommation et scorsonère de plein champ (dégâts importants) et en Bretagne sur tomates sous abri (foyer circonscrit).

Ces deux espèces de nématodes sont des organismes de quarantaine contre lesquels la lutte est obligatoire de façon permanente sur tout le territoire.

Les grandes exploitations de colza et céréales plein champ de Picardie, Haute-Normandie, Champagne-Ardenne, Ile-de-France et Centre montrent également des dégâts très marqués en foyers de *Meloidogyne artiellia*.

En Savoie, le problème des nématodes à galles est en extension. D'importants dégâts ont été signalés avec 75 % de perte de rendement sur tomates après traitement chimique (*Mocap*), mais seulement 25 % de perte en associant culture d'aubergines greffées et culture dérobée de tagètes en engrais verts nématocides.



2 - Dégâts de nématodes à galles (*Meloidogyne incognita*) sur racine de melon greffé.

ph. INRA

**Tableau 1 - Évaluation du nombre d'exploitations maraîchères ayant des problèmes de nématodes à galles et/ou à kystes (enquête réalisées entre 2007 et 2010)**

Région	Département	Pourcentage moyen d'exploitations maraîchères touchées*
Provence-Alpes-Côte-d'Azur 392 exploitations maraîchères suivies, dont 41 % touchées*	06	38,5 % sur 65 exploitations, touchées (nématodes à galles)
	13	41,2 % sur 262 (nématodes à galles)
	83	5 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles)
	84	44,6 % sur 65 (nématodes à galles)
Languedoc-Roussillon	30	4 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles)
	34	10 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles)
	66	20 % sur 50 exploitations en AB (nématodes à galles)
Aquitaine	47	20 % des exploitations sous abris (nématodes à galles)
	40	30 % des 20 exploitations de carottes plein champ (nématodes à galles)
Midi-Pyrénées	81	5 % sur 160 (nématodes à galles)
Basse-Normandie	14	3,6 % sur 110 (nématodes à galles)
	50	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à kystes)
Haute-Normandie	27	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à galles)
Bretagne		2 exploitations ont répondu et sont touchées (1 par nématodes à kystes et 1 par nématodes à galles)
Poitou-Charentes	17	3 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles et à kystes)
	79	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à kystes)
	86	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à kystes)
Picardie	02	3 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles)
	80, 60, 02	3 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles et à kystes)
Pays-de-la-Loire	44	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à kystes)
	85	2 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à kystes)
Champagne-Ardenne	51	2 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à kystes)
	10	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à galles et à kystes)
Ile-de-France 0,5 à 0,7 % toutes filières confondues, 1 à 5 % pour la filière betterave	77	16 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à kystes)
	78	3 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles)
	91	2 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à kystes)
	93	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à galles et à kystes)
	95	13 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles)
Centre	28	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à galles)
	37	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à kystes)
	45	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à kystes)
Savoie	73	2 exploitations ont répondu et sont touchées (nématodes à galles)
Corse	20	1 exploitation a répondu et est touchée (nématodes à galles)

\* Sur le nombre total d'exploitations maraîchères suivies par les enquêteurs. AB = agriculture biologique

**Tableau 2 (début = 11 premières régions) - Récapitulatif des répons**

Région	Département	Conditions de culture	Cultures principales	Rotations	Mode de protection des cultures contre les nématodes	
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	06	abris froids, serres, plein champ	tomate, aubergine, poivron, concombre, muflier	salade, blette, courgette, haricot, radis, épinard, basilic, fraise	Majorité en chimique ( <i>Dorlone</i> =dichloropropène, ou <i>Vapam</i> =métham sodium, ou <i>Mocap</i> =éthoprophos, ou <i>Enzone</i> =sodium tetra-thiocarbonate) ou intégrée ou rien. 4 exploitations en AB (agriculture biologique) : 1 essai <i>Nematorg</i> =amendement + <i>Nemaquill</i> =substance naturelle et micro-organismes)	
	13	abris froids, un peu de plein champ	melon ou aubergine greffée, concombre, salade	poivron, épinard, courgette, fenouil, céleri	Chimique ( <i>Dorlone</i> ou <i>Vapam</i> ) ou intégrée ou rien ou AB (tourteau ricin-neem, ou fumier, ou sorgho + solarisation)	
	83	abris froids, plein champ	maraîchage divers, fleurs	maraîchage divers, fleurs	<i>Nemaquill</i> ou rien	
	84	abris froids, plein champ	melon, concombre, tomate ou aubergine greffée, salade	fraise	chimique ( <i>Mocap</i> ou <i>Enzone</i> ) ou solarisation ou AB (sorgho en engrais vert)	
Languedoc-Roussillon	30	abris froids, plein champ	tomate, concombre, melon, salade	courgette	AB ou intégrée	
	34	abris froids	Diversifié, dont céréales plein champ	Hiver : salade, chou rave et blette ; Eté : légumes ratatouille, haricot, fenouil, fraise	AB	
	66	NR (non renseigné)	NR	NR	AB	
Aquitaine	47	abris froids, plein champ	fraise, aubergine greffée, poivron, salade	aubergine, melon, courgette, tomate	anciennement chimique : <i>Mocap</i> , <i>Shell DD</i> , <i>Basamid</i> (=dazomet fumigant) et même <i>Témik</i> (=aldicarbe) et bromure de méthyl, ou intégrée (solarisation)	
	40	plein champ	maïs consommation, maïs doux, maïs semence et carotte	cultures spécialisées, asperge, bulbes, carotte, pomme de terre	désinfection avant la culture de carotte : Dichloropropène réalisé à l'automne puis semis de carottes primeurs en novembre ou décembre	
Midi-Pyrénées	81	plein champ	ail	maïs, blé		
Basse-Normandie	14	plein champ	oignon, pomme de terre, pois	betterave sucrière, pois, blé	aucune ou chimique raisonnée mais pas de nématicide	
	50	plein champ	carotte, chou	carotte, poireau ou carotte, chou, poireau	chimique	
Haute-Normandie	27	plein champ	colza	NR	aucune	
Bretagne	NR	tunnels	tomates	NR	NR	
	56	plein champ	carotte, chou	carotte, poireau ou carotte, chou, poireau	chimique	
Poitou-Charentes	17	abris froids et plein champ	céleri rave, pomme de terre, colza	poireau, pomme de terre, colza	aucune, chimique ou AB (désinfection vapeur)	
	79, 86	plein champ	colza	colza	aucune	
Picardie	02	plein champ	scorsonère, pomme de terre	NR	aucune	<i>M. chitwoodi</i> 2008. Selon présent
	80, 60, 02	plein champ	colza et betterave	colza et betterave	aucune	
Pays-de-la-Loire	44	plein champ	carotte	NR	chimique	
	85	plein champ	pomme de terre	pomme de terre	chimique	
	85	plein champ	colza	NR	aucune	
Champagne-Ardenne	51	plein champ	betterave sucrière	colza, blé	aucun traitement nématicide	
	10	plein champ	colza et betterave	colza, céréales, betterave	aucune	

## Des à l'enquête sur les nématodes à galles en cultures maraîchères.

Nématodes	Importance du problème dans ces exploitations
<i>Meloidogyne</i>	Taches multiples, problème en extension à l'ensemble de la culture. 5 % (en début de culture) à 100 % (en fin de culture) de perte de rendement malgré les traitements chimiques. Problème inquiétant, déjà majeur ou en croissance. Sans traitement: 60 % de pertes pour blettes, courgettes, aubergines, 100 % pour tomates sensibles. Exploitations en AB, 2 à 5 % de dégâts. Une exploitation en AB teste <i>Nematorg</i> + <i>Nemaquill</i> . Une autre exploitation en AB avec indice de galles de 4,5 à 5 (sur 5) en fin de culture de tomates sensibles il y a 7 ans, n'a plus aucune galle sur tomates sensibles après 5 ans de culture de tomates résistantes <i>Mi-1</i> et de fraises (recul de 2 ans).
<i>Meloidogyne</i> (1 cas d' <i>Heterodera carotae</i> sur carotte et <i>Globodera rostochiensis</i> sur pomme de terre)	Problème récent en extension, inquiétant. 1 % de dégâts avec sorgho+enfouissement des résidus de culture et solarisation, ou <i>Dorlone</i> + <i>Vapam</i> . 10 % sur salades et 50 % sur courgettes avec <i>Dorlone</i> + tomates ou melons greffés. 15 à 60 % de dégâts sans lutter depuis 4 ans. 10 à 50 % sur courgettes ou aubergines même greffées avec tourteaux de ricin-neem ou vapeur et compost vert. 100 % de dégâts sur melons et courgettes même avec alternance solarisation/EV (engrais vert) sorgho + tourteau de ricin : abandon de ces cultures et aucune culture en juillet-août. Fortes infestations mais pas de perte de rendement sur une exploitation en AB avec compost de fumier de cheval (30 à 50 t/ha/an) + amendement organique (3 à 5 t/ha/an) apportés chaque année depuis 1995.
<i>Meloidogyne</i>	Taches multiples, 10 % de pertes. Problème en extension, inquiétant, même sur tomates résistantes (cause non déterminée : T° > 30 °C, <i>M. hapla</i> , contournement ?).
<i>Meloidogyne</i> (1 cas d' <i>H. carotae</i> sur carotte)	Problème récent en extension. Peu de dégâts sur une exploitation avec solarisation + tourteau de neem et ricin et engrais vert en alternance. 10 % à 20 % de perte avec <i>Mocap</i> ou <i>Enzone</i> + tomates greffées mais inquiétant en absence de traitement : de 30 % (plusieurs foyers) à 100 % de perte selon les cultures. Remarques importantes : même des tomates, melon ou concombre greffés sont attaqués (cause non déterminée) et l'hiver froid n'empêche plus les dégâts de nématodes sur salades.
<i>Meloidogyne</i>	Problème majeur en augmentation, déjà fortes infestations. Avec désinfection vapeur + sorgho fourrager en engrais vert d'été : toujours fortes infestations, dégâts estimés à 50 % de pertes sur salade, 20 % sur persil et blettes (davantage si plantés en septembre, moins avec plantations plus tardives, de janvier par exemple). Perte importante sur tomates. Bons résultats avec variétés de tomates résistantes mais parfois dégâts et pertes (cause non déterminée). Injection de vapeur sous bâche (et pas cloches) à l'automne + sorgho fourrager en EV d'été ou solarisation : parfois efficace mais dégâts importants sur concombre. Sans aucun traitement : 5,5 % de dégâts sur laitue et 92 % sur melon (donc abandonné sur certaines parcelles). Peu de problème si les productions sont centrées sur la laitue en hiver, des cultures courtes de printemps (ou pas), aucune production en août et septembre, et solarisation des parcelles un an sur deux.
<i>Meloidogyne</i>	Dégâts importants sur melon en plein champ (même après 10 ans de blé !) et généralisés sous abri, malgré désinfection vapeur (cloches) à l'automne avant plantation des laitues (depuis 10 ans) ; remplacé par solarisation + compost de déchets verts ou amendement du commerce : melon abandonné à cause des nématodes, concombre en diminution et plantations de juillet-août impossibles, même avec tomates et aubergines résistantes ou greffées.
<i>Meloidogyne</i>	Sur une cinquantaine d'exploitations en AB, une dizaine présentent des dégâts de nématodes à galles plus ou moins problématiques.
<i>Meloidogyne</i>	Problème récent en extension, inquiétant. Peu de dégâts à 35 % de perte après solarisation + vide en hiver. Après conduite des exploitations en chimique (quel que soit le traitement), progression rapide du problème quasi généralisé : 30 à 40 % de perte sur aubergine, 50 à 70 % sur salades. Après <i>Basamid</i> , attaques en extension, 40 à 60 % de perte sur poivron selon les variétés. Après <i>Basamid</i> + solarisation, 35 % de pertes sur salades. Sans aucun traitement depuis plusieurs années, 20 à 30 % de perte sur poivron, 30 % sur salade et tomate, 90 % sur melon, 0 % sur aubergines greffées.
<i>Pratylenchus</i> , <i>Meloidogyne</i>	Dans les Landes, des problèmes de <i>Pratylenchus</i> sur carottes et surtout sur maïs. Dans le sud-ouest du département : 5 à 6 exploitations sur 20 producteurs de carottes de plein champ seraient concernés par <i>Meloidogyne</i> .
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Zones multiples touchées sur les parcelles, 30 % de dégâts apparents.
ND (non déterminé) ou <i>Heterodera goettingiana</i>	Dégâts très forts en foyers ; 30 à 40 % de perte, problème en croissance dans la plaine de Caen et région de Falaise.
<i>H. carotae</i> , <i>Heterodera cruciferae</i>	Zones largement contaminées à des niveaux très forts, principalement côte ouest, Val-de-Saire, Baie du Mont Saint-Michel.
<i>Meloidogyne artiellia</i>	Dégâts très marqués de <i>M. artiellia</i> en foyers sur colza et céréales. <i>Heterodera cruciferae</i> jamais présent.
<i>Meloidogyne fallax</i> et <i>Meloidogyne chitwoodii</i>	Foyer circonscrit. Ce sont des <b>organismes de quarantaine</b> contre lesquels la lutte est obligatoire de façon permanente sur tout le territoire.
<i>H. carotae</i> , <i>H. cruciferae</i>	Zones contaminées à des niveaux forts, mais localisées.
<i>Meloidogyne</i> sur céleri, <i>Globodera pallida</i> sur p. de ter., <i>H. cruciferae</i> sur colza	Problème inquiétant. 60 % de perte en cas d'attaque de <i>Meloidogyne</i> , la désinfection vapeur limite plus ou moins les dégâts. Contamination moyenne sur l'Île de Ré avec <i>G. pallida</i> . Dégâts très importants d' <i>H. cruciferae</i> en foyers mais <i>M. artiellia</i> jamais présent.
<i>H. cruciferae</i>	Dégâts très importants en foyers. <i>M. artiellia</i> jamais présent.
détecté en premier en mars les parcelles, <i>M. chitwoodii</i> seul ou avec <i>M. fallax</i>	Ce sont des <b>organismes de quarantaine</b> contre lesquels la lutte est obligatoire de façon permanente sur tout le territoire.
<i>M. artiellia</i> , <i>Heterodera schachtii</i>	Dégâts très marqués de <i>M. artiellia</i> en foyers sur colza et céréales. <i>H. cruciferae</i> jamais présent. <i>H. schachtii</i> rare sauf en zones betteravières, mais dans ce cas les infestations sont moyennes à très fortes.
<i>H. carotae</i> , <i>H. cruciferae</i>	Contaminations très fortes dans la zone maraîchère de Chalans.
<i>G. pallida</i>	Contaminations très fortes près de Noirmoutier.
<i>H. cruciferae</i>	Dégâts très importants en foyers.
<i>H. schachtii</i>	Problème en extension. 5 à 10 tonnes de pénalités et 0,5 point de densité en moins.
<i>M. artiellia</i> , <i>H. schachtii</i>	Dégâts très marqués de <i>M. artiellia</i> en foyers sur colza et céréales. <i>H. cruciferae</i> jamais présent. <i>H. schachtii</i> rare sauf en zones betteravières, mais dans ce cas les infestations sont moyennes à très fortes.

Tableau 2 (suite et fin) - Récapitulatif des réponses à l'enquête

Région	Département	Conditions de culture	Cultures principales	Rotations	Mode de protection des cultures contre les nématodes
Ile-de-France	77	plein champ	betterave	NR	NR
	78	plein champ	colza, blé	NR	aucune
	91	plein champ	betterave	NR	aucune
	93	plein champ	betterave	NR	aucune
	95	plein champ	colza, betterave, blé	NR	aucune
Centre	28	plein champ	colza	NR	aucune
	37	plein champ	colza	NR	aucune
	45	plein champ	betterave	betterave, céréales	aucune
Savoie	73	abri froid	pomme de terre, épinard, salade	radis, courgette, tomate, melon	chimique ( <i>Mocap</i> en 2007) et vapeur (en 2008) sur une parcelle. Tagètes et aubergines greffées sur une autre parcelle
Corse	20	plein champ	kiwi	-	Enzone

### On a trouvé aussi des nématodes à kystes

D'importants problèmes de nématodes à kystes (photo 3) ont également été signalés dans plusieurs régions françaises.

*Globodera pallida* a été identifié sur pomme de terre dans des exploitations menées en chimique, entraînant des contaminations moyennes sur l'île de Ré (Poitou-Charentes) à très fortes près de Noirmoutier (Pays-de-la-Loire).

Un cas d'*Heterodera rostochiensis* a été trouvé sur pomme de terre en région PACA, et des dégâts d'*Heterodera carotae* ont été rapportés sur des exploitations de carotte plein champ en régions PACA, Bretagne, Basse-Normandie et Pays-de-la-Loire, et dans certains cas malgré les traitements chimiques réalisés.

De grandes exploitations productrices de chou ou colza en régions Basse-Normandie, Bretagne, Poitou-Charentes, Pays-de-la-Loire et Centre subissent de très fortes infestations d'*Heterodera cruciferae*.

Des infestations moyennes à très fortes d'*Heterodera schachtii* inquiètent chaque année un peu plus les grandes exploitations de colza et betterave des régions Picardie, Champagne-Ardenne, Ile-de-France et Centre.

*Heterodera gottingiana* serait également un problème en croissance sur pois (30 à 40 % de perte de rendement) dans la plaine de Caen (Basse-Normandie). Aucune méthode de lutte n'est mentionnée dans les fiches.

### Un « migrateur » en Midi-Pyrénées et Ile-de-France

Enfin, en région Midi-Pyrénées, 5 % des exploitations d'ail de plein champ seraient touchées par *Ditylenchus dipsaci* (nématode migrateur des tiges et bulbes) avec environ 30 % de dégâts apparents. Ce nématode a par ailleurs

été signalé sur betterave en région Ile-de-France (95). Pour cette espèce également, aucune méthode de lutte ne semble être testée.

### Montée en puissance confirmée

Il est bien évident que cette analyse n'est pas exhaustive ; d'une part parce qu'un grand nombre de régions n'ont pas encore répondu à l'enquête, d'autre part parce que toutes les exploitations maraîchères ne sont pas suivies par des conseillers techniques ou des chercheurs.

On remarque cependant que les systèmes maraîchers sous abri du sud de la France qui s'appuient principalement sur des rotations articulées autour de successions de plantes sensibles (salades, cucurbitacées, solanacées...), encouragés par l'environnement économique, sont rendus fragiles vis-à-vis des nématodes à galles.

Les possibilités de contrôler ces bioagresseurs par des pesticides de synthèse se réduisent pour diverses raisons évoquées plus haut, et ceci pas exclusivement en France ou dans l'UE. On assiste donc à une montée en puissance des problèmes liés aux nématodes en maraîchage, particulièrement dans tous les pays du pourtour méditerranéen, mais également dans des régions plus septentrionales.

### Aucune parade ne suffit à elle seule

Ce contexte entraîne une recrudescence des programmes de sélection prenant en considération la résistance des plantes aux nématodes chez les semenciers et oriente la recherche vers la gestion des rotations introduisant des « plantes pièges » non hôtes ou résistantes, afin de réduire le taux d'infestation du sol.

Plusieurs autres méthodes alternatives de contrôle (solarisation, biofumigation, intercultures, antagonistes naturels, désinfection vapeur notamment) montrent aujourd'hui leurs limites, du fait de l'insuffisante efficacité des



Prolifération de radicelles et femelles d'un nématode à kystes, le « nématode doré » (genre *Globodera* ou *Heterodera*).

techniques prises individuellement. Il est donc nécessaire de changer d'approche, d'optimiser des synergies entre les techniques alternatives disponibles aujourd'hui, de rechercher de nouvelles méthodes de lutte, pour *in fine* reconcevoir les systèmes de cultures maraîchers.

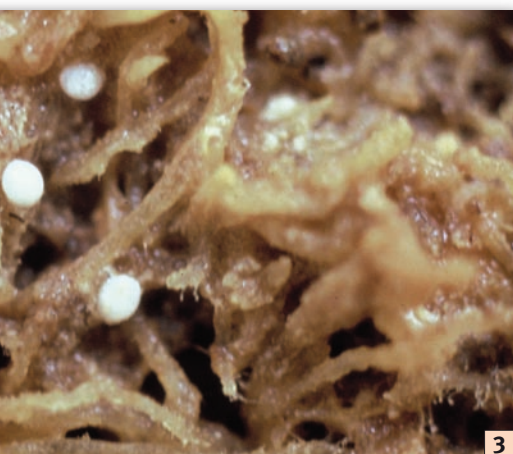
### Intégrer les équipes pour pouvoir intégrer les techniques

Pour ce faire, il faut mobiliser toutes les connaissances disponibles, y compris celles des conseillers et des agriculteurs pour suffisamment expliciter les effets des systèmes de cultures sur l'évolution des bioagresseurs et des dégâts qu'ils causent et élaborer de nouvelles méthodes.

Dans ce but, divers projets (PICLeg « Neoleg », ANR Systerra « Sysbiotel », RA4.2 du Réseau Européen ENDURE) sont en cours à l'INRA. Ils associent des équipes de nématologistes (équipe IPN de l'Unité Interaction biotique et santé végétale de Sophia Antipolis et équipe de Biologie et de Gestion des populations de l'IRD de Montpellier), d'écologistes et économistes (équipe Ecodéveloppement de l'Unité Sciences

## Enquête sur les nématodes à galles en cultures maraîchères.

Nématodes	Importance du problème dans ces exploitations
<i>H. schachtii</i>	2005-2006 : 5 producteurs avec attaque importante sur une grande zone, 5 avec attaque moyenne, 5 avec attaque faible, 3 sans attaque ou selon parcelles.
<i>M. artiellia</i> sur colza ; <i>Pratylenchus neglectus</i> et <i>Tylenchorhynchus</i> sp sur blé	2005-2006 : 1 producteur colza avec attaque moyenne, 1 avec attaque faible localisée ; 1 producteur blé avec attaque faible localisée ; dégâts très marqués de <i>M. artiellia</i> sur colza et céréales, en foyer. <i>H. cruciferae</i> jamais présent.
<i>H. schachtii</i> sur betterave ; <i>Pratylenchus</i> sp et <i>Tylenchorhynchus</i> sp sur pomme de terre	2006-2007 : 1 producteur betterave avec attaque faible ; 1 producteur pomme de terre avec attaque moyenne.
<i>H. schachtii</i>	2006 : 1 producteur avec attaque moyenne.
<i>Meloidogyne naasi</i> , <i>M. artiellia</i> et nématodes à kystes sur colza ; <i>D. dipsaci</i> sur betterave	2004-2006 : 3 producteurs touchés ; dégâts très marqués de <i>M. artiellia</i> en foyers sur colza et céréales. <i>H. cruciferae</i> jamais présent.
<i>M. artiellia</i>	Dégâts très marqués de <i>M. artiellia</i> en foyers sur colza et céréales. <i>H. cruciferae</i> jamais présent.
<i>H. cruciferae</i>	Dégâts en foyers, très marqués. <i>M. artiellia</i> jamais présent.
<i>H. schachtii</i>	Infestations très fortes.
<i>Meloidogyne</i>	Problème en extension. 75 % de perte de rendement sur tomates après traitements chimiques. 25 % de perte de rendement après tagètes et aubergines greffées.
<i>Meloidogyne</i>	Baisse de rendement de 10 à 20 %. Retard de production d'au moins 2 ans sur jeunes plants.



3

pour l'action et le développement d'Avignon), d'améliorateurs des plantes (Unité Génétique et amélioration des fruits et légumineuses d'Avignon) et de pathologistes (Unité Pathologie végétale d'Avignon), tous de l'INRA, avec des partenaires extérieurs : divers instituts techniques de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (GRAB<sup>(5)</sup>, APREL<sup>(6)</sup>), les chambres d'agriculture des départements 06, 13 et 84.

Les travaux portent sur des recherches en laboratoire, en stations expérimentales mais également sur le terrain.

Nous espérons ainsi suivre l'évolution de ce problème au cours des prochaines années, sensibiliser les professionnels pour compléter cette analyse, obtenir l'avis de chercheurs mais également de producteurs, conseillers technique, etc., sur toute nouvelle méthode de lutte potentielle contre ces ravageurs, orienter également les sélectionneurs dans la création de nouveaux porte-greffe ou cultivars résistants à long terme, et ainsi proposer le plus rapidement possible des solutions économiquement viables et durables.

(5) Groupe de recherche en agriculture biologique (84).

(6) Association provençale de recherche et d'expérimentation légumière de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (13).

### Remerciements

Arrufat Alain, Audier Maurice, Bouvier Eléonore, Caporalino Marcel, Chabalière Christophe, Chaix Martial, Clerc Henri, Collange Béatrice, de Coniwek Marianne, Corneille Thierry, Delamarre Cécile, Delanone Lio, Delcassou Frédéric, Delmas Jean-Luc, Ernout Henri, Fournet Sylvain, Fritsch Jérôme, Geymet Michel, Goillon Claire, Grenier Eric, Hallouin Isabelle, Huguet Bertrand, Lanza Roger, Lapeyre Laurent, La-

vaud Aline, Lhote Jean Michel, Lucioni-Giomarchi Jean-Marie, Mateille Thierry, Navarro Jean-Michel, Panchaud-Mirabel Elisabeth, Pardessus Chrystel, Patoux Valérie, Peyre Gaelle, Plas Stéphane, Poissonier M., Risso Sabine, Tamonte Maurice, Tchamitchian Marc, Terrentroy Anne, Trottin-Caudal Yannick, VanRenterghem Richard, Védie Hélène, Veyrier François...

### Résumé

Du fait des restrictions d'emploi ou de l'interdiction récente des nématicides chimiques, le problème des nématodes à galles se révèle de plus en plus préoccupant dans les exploitations maraîchères françaises et peut devenir dramatique dans les années à venir. Une enquête réalisée par l'INRA de Sophia Antipolis (centre PACA) entre 2007 et 2010 en collaboration avec plus de 30 partenaires d'instituts de recherche et centres techniques, de groupements de producteurs et de chambres d'agriculture, révèle que :

- plus de 40 % des exploitations maraîchères du sud-est de la France sont touchées avec même arrêt de production de cucurbitacées sur certaines parcelles ;
- d'autres régions plus septentrionales ne sont pas épargnées ;
- des problèmes de nématodes à kystes sont également signalés, et certaines grandes cultures sont touchées ;
- les méthodes alternatives à la lutte chimique testées dans plusieurs exploitations ayant participé à l'enquête semblent encore d'efficacité trop variable.

Il est donc nécessaire d'associer chercheurs et professionnels (producteurs, conseillers techniques, etc.) au suivi de ce problème phytosanitaire et à la recherche et l'expéri-

mentation de nouvelles méthodes de lutte économiquement viables et durables.

**Mots-clés :** maraîchage, cultures légumières, nématodes à galles, nématodes à kystes, enquête, lutte chimique, méthodes alternatives.

### Summary

#### ROOT-KNOT NEMATODES, AN INCREASING PROBLEM ON VEGETABLE CROPS IN FRANCE

Due to restrictions in the use of chemical nematocides and recent ban of most of the active molecules, root-knot nematodes are becoming a big threat for French vegetable producers and may become dramatic in the next years. A survey conducted by INRA in Sophia Antipolis (centre PACA) between 2007 and 2010 in collaboration with more than 30 partners from public and private research departments, technical institutes, regional institutions such as "Chambres d'Agriculture" (local management organization) and farmers, revealed that more than 40% of the vegetable holdings in south-east France are affected by root-knot nematodes. In some plots, the production of cucurbits is no longer possible. Other crop areas, west or further north, are also affected. Several alternative methods for nematode control have been tested in several holdings with highly variable efficiencies. A collaborative effort involving all actors (researchers, growers, advisors, etc.) is therefore necessary to appraise the evolution of this pest problem and to experiment new, economically viable and sustainable crop protection strategies.