



# ALGERIE: les nématode des céréales.

Réagir contre les dégats de nématodes sur les céréales.

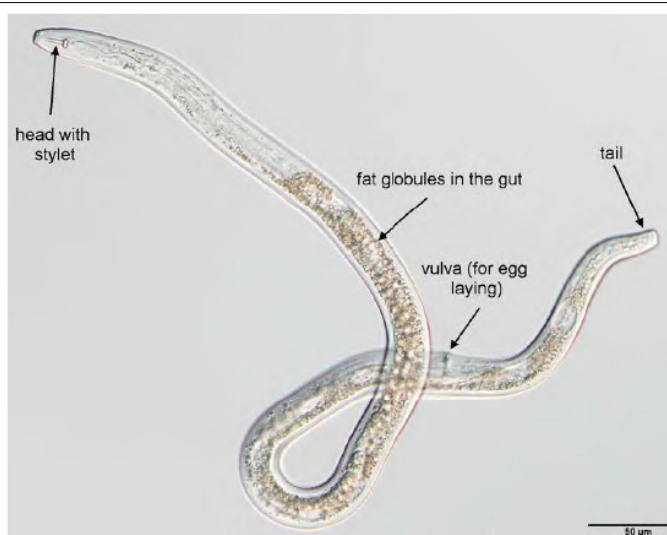


Figure 1: *Pratylenchus thornei* adult female viewed under the microscope. The nematode is approximately 0.65 mm long.



Figure 6: Symptoms of root-lesion nematode on wheat roots include darkening of the cortex and lack of root hairs.



A: Corps entier (X40) ; B:Tête et stylet (X100) ; C:Queue et partie hyaline (X100)

Fig.28-Micrographies des larves du second stade d'*Heterodera avenae*.

(Population d'Ouled Rahmoun) (Original)

Thèse Haddadi



Figure 5: Aboveground symptoms of root-lesion nematode are often indistinct and difficult to identify. Affected plants (centre) generally show poor vigour and are often stunted, and cereals tiller poorly.

Des travaux algériens et australiens éclairent sur les dégats des nématodes.

Djamel BELAID.

مهندس زراعي

# Plusieurs méthodes

pour lutter contre les nématodes des céréales.

## Espèces sensibles

Le blé, les pois chiches, les fèves, les mungbeans et le soja sont généralement sensibles, bien que le taux de susceptibilité varie entre les variétés.

## Tester ses parcelles

Vérifiez si les nématodes sont présents dans votre exploitation. Pour cela, testez le sol de vos parcelles dans un laboratoire spécialisé.

## Parcelles saines

Protéger les parcelles qui sont exemptes de nématodes en contrôlant le sol et le ruissellement d'eau et le nettoyage des machines.

## Variétés résistantes

Choisissez des variétés de blé tolérantes pour maximiser les rendements. Les variétés tolérantes poussent et se produisent bien même lorsque les nématodes sont présents.

## Rotations culturales

Inclure dans la rotation des cultures résistantes afin de prévenir l'augmentation du nombre de nématodes des céréales.

## Sources

Cette brochure reprend de larges extraits de deux documents: L'un est algérien et l'autre australien.

## RESUME

# Un résumé pour les lecteurs pressés.

92,5 % des parcelles céréalières infestées par les nématodes.

**Les nématodes à kyste *Heterodera* spp. des céréales en Algérie : Études sur la distribution, les espèces, les pathotypes et les antagonistes.**

Fatima Haddadi Thèse. 2015

### Résumé :

Une enquête est menée sur kystes appartenant au complexe *Heterodera avenae* en Algérie pendant cinq années (2007-2012).

### Nématodes, 92% des parcelles infestées

Quarante parcelles céréalières réparties sur 22 localités sont échantillonnées. Les résultats montrent que 92,5 % des parcelles céréalières sont infestées par les nématodes à kyste des céréales *Heterodera* spp. Toutefois, les degrés d'infestation sont très variables selon les localités voire selon les parcelles. Ils passent de 0 kyste/kg de sol dans les localités des Isser (Boumerdes), Lamtar (Sidi Bel Abbes) et El Maleh (Ain Temouchent) à 281 kystes/kg de sol dans la localité de Bouandas (Sétif).

### Kystes, caractéristiques variables

L'étude morphométrique de diverses populations de nématodes à kystes des céréales, montre que les kystes présentent des caractéristiques morphologiques et morphométriques variables selon les parcelles parfois au sein de la même parcelle.

Ce constat est affirmé par l'étude microscopique du cône vulvaire des kystes et des larves qui révèle la présence de quatre espèces du groupe *H.avenae* à savoir : *H.avenae*, *H.latipons*, *H.mani* et *H.filipjevi* qui sont seules ou en mélange en plus d'une espèce non identifiée, appartenant au groupe *H. Schachtii*.

### Une virulence variable

Le test de virulence de deux populations d'*H.avenae* provenant respectivement de Tiaret et de Oued Smar en conditions naturelles et *in vitro* à l'égard de neuf cultivars de blé, orge et avoine utilisés dans l'Assortiment Différentiel International pour identifier pathotypes de *H.avenae* montre les mêmes réactions de ces céréales aux deux populations.

Ce test indique qu'il s'agit de deux pathotypes appartenant au Groupe 1. Mais cette étude n'est pas

concluante quant à la distinction entre pathotypes Ha21, Ha31 ou Ha81.

### Des champignons antagonistes

La recherche des champignons antagonistes des nématodes à kystes de Bouira, a permis l'isolement de vingt trois champignons. Quinze genres sont identifiés sur la base de leurs caractéristiques morphoculturales.

Les genres *Paecilomyces* et *Verticillium* sont isolés respectivement des kystes de Tipaza et de Bouandas (Sétif). *Harposporium* sp., *Mucor* sp., *Rhizopus* sp., *Chrysonilia* sp., *Cladosporium* sp., *Periconia* sp., isolés des kystes de la parcelle de l'ITGC (Oued smar).

Les genres : *Geotrichum* sp., *Torula* sp., *Acremonium* sp., *Cylindrocarpon* sp., *Aspergillus* sp., sont isolés des kystes de la parcelle de Ain Bessam (Bouira). Alors que le genre *Pochonia* sp. est isolé des kystes de la région de Tipaza. Le genre *Fusarium* sp., est isolé des deux parcelles de Tipaza et de Bouira.

### Perspectives

Dix autres genres restent à identifier afin de donner une liste globale des champignons associés aux kystes du genre *Heterodera*.

### AVERTISSEMENTS

Dans les pages qui suivent, nous avons repris *in extenso* de très larges extraits de l'excellent travail de thèse de Mme Fatima HADDADI. Pour toute citation, prière de se référer au texte original.

### REPERES

Les résultats montrent que 92,5 % des parcelles céréalières sont infestées par les nématodes à kyste des céréales *Heterodera* spp

# Quelle situation en Australie?

## Jusqu'à 60% de pertes sur blé.

### Gestion des nématodes

Les nématodes de racine-lésion (RLN; *Pratylenchus* spp.) sont des animaux microscopiques et verriers qui extraient des éléments nutritifs des plantes, provoquant une perte de rendement. Dans la région des grains du sud, le RLN prédominant est *P. thornei* et *P. neglectus*.

Les cultures intolérantes telles que le blé peuvent perdre 20 à 60% de rendement lorsque les populations de nématodes sont élevées. La résistance et la susceptibilité des cultures peuvent différer pour chaque espèce RLN. Une culture tolérante cède bien lorsque de grandes populations de RLN sont présentes (le contraire est une intolérance). Une culture résistante ne permet pas au RLN de se reproduire et d'augmenter en nombre (le contraire est la susceptibilité).

*Pratylenchus penetrans* et *P. crenatus* ont été rapportés, mais à très faible fréquence; *P. quasitereoides* (anciennement appelé *P. teres*) n'a été identifié que dans Cultures en Australie occidentale et on ne sait pas se produire dans d'autres régions d'Australie. D'autres espèces de RLN peuvent se produire, et si cela est suspecté, vous devez suivre votre département d'agriculture d'état.

### REPERES

Le nématode du kyste de céréales (CCN; *Heterodera avenae*) est un agent pathogène dommageable des cultures de céréales de largeur dans le sud de l'Australie et Victoria. Elle affecte le blé, l'orge, l'avoine et le triticale, et peut entraîner des pertes de rendement allant jusqu'à 80%. Les dommages causés par le nématode alimentaire entraînent une prolifération de racines sur le site d'alimentation, qui forme un noeud dans la racine, ce qui donne à la plante les symptômes caractéristiques. CCN a été géré avec succès par des variétés de céréales résistantes croissantes.

### Deux races de nématodes de la tige en Australie du Sud

Deux races de nématodes de la tige (*Ditylenchus dipsaci*) ont été enregistrées en Australie-Méridionale: l'avoine et la lucerne. L'avoine se trouve dans certaines parties de la péninsule d'Yorke et du Mid-Nord de l'Australie-Méridionale. Les principaux hôtes sont des

variétés sensibles d'avoine et de fèves. Les symptômes de l'avoine comprennent des plantes rabougrees et les bases de chaque talles deviennent gonflées. D'autres cultures telles que les pois chiches, les pois chiches, le canola et les lentilles sont fortement endommagées par le nématode de la tige lorsqu'elles sont des semis (c'est-à-dire une intolérance au semis). Les symptômes comprennent des feuilles et des tiges rabougrees et déformées. À mesure que les cultures arrivent à maturité, elles deviennent à la fois résistantes et tolérantes.

### À propos des nématodes

Les nématodes de racines utilisent un «stylet» de type seringue pour extraire les éléments nutritifs des racines des plantes (figure 1). Les racines des plantes sont endommagées lorsque le RLN se nourrit et se reproduit à l'intérieur des racines des plantes. *Pratylenchus thornei* et *P. neglectus* sont les espèces RLN les plus courantes en Australie. Les nématodes peuvent être trouvés dans le profil du sol (à 90 cm de profondeur) et se retrouvent dans une large gamme de types de sols, des argiles lourdes aux sols sablonneux. Le blé est susceptible à la fois à *P. thornei* et à *P. neglectus*.

### ZOOM

La recherche CSIRO financée par le GRDC examine comment les nématodes infligent des dégâts en pénétrant dans la couche externe de racines de blé et en limitant leur capacité à transporter de l'eau.

Figure 1: *Pratylenchus thornei* femelle adulte vue au microscope. Le nématode mesure environ 0,65 mm de long.

**Sources:** Wheat Southern Region. Février 2016. GRDC.

# Cycle de vie des nématodes.

no

## Cycle de vie

In the Southern Region, the life cycle of RLN begins after the opening rains in autumn.

Juvenile and adult nematodes rehydrate, become active and invade plant roots, where they feed and multiply as they move through the root (Figure 2).

As the nematodes feed and multiply, lesions (sections of brown discoloration) are formed in the cortex of the plant root.

## REPERES

Eggs are laid within the root or soil, and the first larval stage and moult occur within the egg. Second-stage larvae emerge from eggs and undergo three more moults before reaching adulthood.

There may be 3–5 cycles within the plant each growing season, depending on temperature and moisture. The optimum temperature for nematode reproduction is 20°–25°C. The life cycle is generally completed in 40–45 days (~6 weeks) depending on temperature.

## ZOOM

As the plants and soil dry out in late spring, RLN enter a dehydrated survival state called anhydrobiosis. In this state, nematodes can survive high soil temperatures of up to 40°C and desiccation over summer. RLN can survive many years in this dehydrated state if the soil remains dry. Nematodes can also survive in root pieces. More than one RLN species can be found in the roots of an individual crop, although one species usually dominates

Figure 2: Nematodes rehydrate and become active following rain. They can invade growing plant roots, such as the next crop, weeds or volunteers.

## Importance économique

In the Southern Region, high densities of RLN generally cause yield losses of 10–20% in wheat crops. The extent of damage, and subsequent grain yield loss, depend on seasonal conditions, the tolerance of the crop and the numbers of nematodes present at sowing. In field trials carried out by the Victorian and South

Australian state departments from 2011 to 2013, *P. thornei* reduced grain yield in intolerant varieties by 2–12%, and *P. neglectus* by 2–8% (Table 1).

Table 1: Grain yield loss (%) caused by root-lesion nematodes in Victoria and South Australia Values are average percentage yield loss in the five most intolerant wheat varieties *P. thornei* *P. neglectus*

	South Australia	Victoria	South Australia	Victoria
2011	7.7	12.2	No trial	4.3
2012	9.0	5.3	8.0	6.6
2013	No trial	2.4	3.8	2.6

## Varietal resistance or tolerance

A tolerant crop yields well when large populations of RLN are present (in contrast to an intolerant crop). A resistant crop does not allow RLN to reproduce and increase in number (in contrast to a susceptible crop) (Tables 2 and 3).

Table 2: The four possible combinations of tolerance and resistance, with examples 5

Tolerant–resistant

e.g. sorghum cv. MR43 to *P. Thornei* and wheat breeding lines released for development Tolerant–susceptible

e.g. wheat cv. EGA Gregory to *P. thornei*

Intolerant–resistant

No commercial wheat lines in this category

Intolerant–susceptible

e.g. wheat cv. Strzelecki to *P. thornei*

**Sources:** Wheat Southern Region. Février 2016. GRDC.

# Quelle conduite adopter?

## Une stratégie basée sur 4 principes de base.

Table 3: Susceptibility and resistance of various crops to root-lesion nematodes \*

RLN species	Susceptible	Intermediate	Resistant
<i>P. thornei</i>	Wheat, chickpeas, faba beans, barley, mungbeans, navy beans, soybeans, cowpeas	Canola, mustard, triticale, durum wheat, maize, sunflowers	Canary seed, lablab, linseed, oats, sorghum, millet, cotton, pigeon peas
<i>P. neglectus</i>	Wheat, canola, chickpeas, mustard, sorghum (grain), sorghum (forage)	Barley, oat, canary seed, durum wheat, maize, navy beans	Linseed, field peas, faba beans, triticale, mungbeans, soybeans

Table 3: Susceptibility and resistance of various crops to root-lesion nematodes 6

L'élevage du blé a fourni un certain nombre de variétés avec des niveaux de tolérance modérés ou supérieurs à *P. thornei*, par ex. Sunvale, Baxter, EGA Wylie et EGA Gregory. Ces variétés réduiront le niveau de perte de rendement dû à *P. thornei*.

Les variétés de cultures sont évaluées pour la résistance et la tolérance au RLN et les résultats publiés chaque année chez National Variety Trials Online. Les mécanismes de résistance et de tolérance sont différents et doivent être traités comme tels.

L'éradication du RLN à partir d'un paddock individuel est hautement improbable, de sorte qu'une gestion efficace à long terme est basée sur le choix des options qui limitent la multiplication RLN. Il s'agit d'utiliser des cultures ou des variétés qui ont des niveaux utiles de résistance à *P. thornei* et d'éviter les variétés qui provoqueront de grandes «explosions» dans les nombres de *P. thornei*.

### Gestion du problème nématode

Il existe quatre stratégies clés pour la gestion du RLN (Figure 3):

#### CONSEILS

1. Testez le sol pour les nématodes dans un laboratoire.
2. Protéger les paddocks qui sont exempts de nématodes en contrôlant le sol et le ruissellement d'eau et le nettoyage des machines; Des enclos exempts de nématodes végétaux en premier.
3. Choisissez des variétés de blé tolérantes pour maximiser les rendements (National Variety Trials Online).

Les variétés tolérantes poussent et se produisent bien lorsque le RLN est présent.

4. Faites pivoter avec des cultures résistantes pour prévenir l'augmentation du RLN (tableau 3, figure 3).

Lorsque de grandes populations de RLN sont détectées, vous devrez cultiver au moins deux cultures résistantes consécutivement pour diminuer les populations. En outre, assurez-vous que l'engrais est appliqué au taux recommandé afin que le potentiel de rendement des

variétés tolérantes soit atteint

Figure 3:

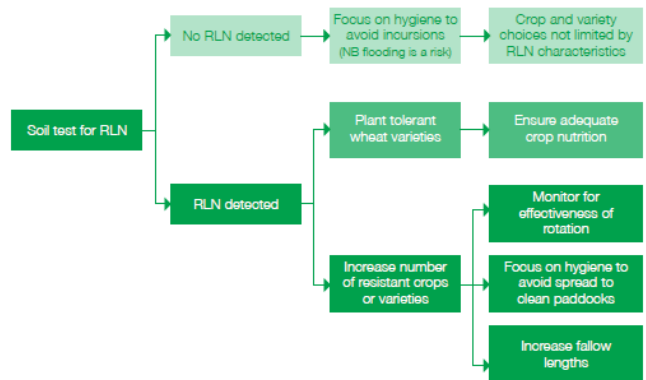


Figure 3: Root-lesion nematode management flow-chart.

Les nématodes réduisent les rendements dans les cultivars de blé intolérants et réduisent la quantité d'eau disponible pour la croissance des plantes. Ils imposent également un stress précoce, ce qui réduit le potentiel de rendement malgré la disponibilité d'eau et de nutriments.

Dans la région du Sud, *P. thornei* à 10 nématodes / g de sol peut entraîner des pertes de rendement de grain de 10-15% dans la variété de blé intolérante Derrimut, selon les conditions saisonnières.

### Rotation des cultures

La principale méthode de gestion des populations RLN est de se concentrer sur l'augmentation du nombre de cultures résistantes dans la rotation. La connaissance des espèces de RLN présente est critique car les cultures résistantes à *P. thornei* peuvent être sensibles à *P. neglectus*.

Les principales cultures généralement considérées comme résistantes ou modérément résistantes à *P. thornei* sont le sorgho, le tournesol, le maïs, le canola, le canarien, le coton, les pois et les graines de lin.

#### ZOOM

Le blé, les pois chiches, les fèves, les mungbeans et le soja sont généralement sensibles, bien que le taux de susceptibilité varie entre les variétés.

**Sources:** Wheat Southern Region. Février 2016. GRDC.

# Utiliser des variétés résistantes.

## Moins de dématodes avec les variétés résistantes.

### Différences de résistance entre les variétés commerciales de blé

Les cotes de résistance pour les variétés de blé à RLN sont disponibles depuis de nombreuses années; Cependant, le développement d'une analyse d'ADN à haut débit a permis une quantité accrue de tests pour comparer l'accumulation de RLN entre les variétés dans des conditions de terrain.

Ces données semblent être un ajout très utile à nos connaissances actuelles sur la résistance variétale, avec une performance de variété relative assez cohérente entre les sites. La figure 4 montre la performance relative d'une gamme de variétés en pourcentage d'EGA Gregory dans un large éventail d'essais en 2009-2012.



Fig 4. Comparaison de la population de *P. thornei* (Pt) restant en pourcentage de EGA Gregory, 2009-12. Les valeurs entre parenthèses sont le nombre d'essais dans lesquels la variété a été comparée à EGA Gregory. La ligne brisée rouge indique le niveau Pt restant après EGA Gregory.

Le blé tendre est généralement sensible à *P. thornei* mais il existe de grandes différences entre les variétés dans le niveau de susceptibilité. Les agriculteurs ayant des infestations de *P. thornei* doivent éviter les variétés de «ventouses» (sucker) qui se traduisent par des niveaux très élevés de multiplication de *P. thornei*. Bien que le blé dur réduit généralement la multiplication de *P. thornei* par rapport aux blés de pain, il est sensible à la pourriture "crown root".

### Colza et biofumigation

On pense maintenant que le canola (colza) a un potentiel de «biofumigation» pour lutter contre les nématodes, et une expérience sur le terrain a comparé le

canola avec d'autres cultures d'hiver ou une jachère (inter-culture) propre pour réduire les densités de population de *P. thornei* et améliorer la croissance du blé intolérant *P. thornei* (cv. Batavia) l'année suivante.

Immédiatement après la récolte des cultures de première année, les populations de *P. thornei* ont été les plus faibles selon les différents cultivars de canola ou les jachères propres et les plus élevées suivant les cultivars de blé sensibles (1957-5200 v. 31,033-41,294 *P. thornei* / kg de sol sec).

### ZOOM

De manière inattendue, lors de la plantation de la récolte de blé de deuxième année, les populations de nématodes étaient plus uniformes, des niveaux inférieurs (<5000 / kg de sol sec), quel que soit le traitement de la saison précédente, et sont restés ainsi pendant la saison de croissance, assez sèche.

La croissance et le rendement en grains de la récolte de blé de deuxième année étaient les plus pauvres sur les parcelles précédemment plantées de canola ou de jachère gauche en raison de la mauvaise colonisation avec arbusculaire Mycorrhizal (AM), à l'exception du canola cv. Karoo, qui a connu une colonisation fongique AM élevée et des rendements faibles en blé. Il y a eu des régressions significatives entre les paramètres de croissance et de rendement du blé de deuxième année et les niveaux de champignons AM après les traitements pré-culturels.

### CONSEILS

Le canola semble être une bonne récolte pour réduire les populations de *P. thornei*, mais la dépendance des cultures subséquentes sur les champignons AM devrait être envisagée.

**Le blé tendre est généralement sensible à *P. thornei* mais il existe de grandes différences entre les variétés dans le niveau de susceptibilité.**

**Sources:** Wheat Southern Region. Février 2016. GRDC.

## SYMPTOMES ET DETECTION

# Détecter la présence de nématodes.

Faire appel à un laboratoire spécialisé.

---

### Symptômes et détection

**Les nématodes des racines sont microscopiques** et ne peuvent être observés à l'œil nu dans le sol ou dans les plantes. Le moyen le plus fiable de confirmer la présence de RLN est d'avoir testé le sol dans un laboratoire. Les tests de dépistage des sols proposés par le service de test de déperdition PreDicta B de l'Institut de recherche et de développement de l'Australie du Sud (SARDI) peuvent déterminer les niveaux de *P. thornei* et *P. neglectus* présent.

**Des résultats similaires** peuvent être obtenus en testant le sol, soit par comptage manuel (sous microscopes), soit par analyse d'ADN (PreDicta B), avec un échantillonnage commercial généralement à des profondeurs de 0 à 15 ou de 0 à 30 cm.

### Une distribution verticale

**La distribution verticale** de *P. thornei* dans le sol est variable. Certains parcelles (paddocks) ont des populations relativement uniformes jusqu'à 30 cm ou même 60 cm. Certains auront le nombre le plus élevé de *P. thornei* à une profondeur de 0 à 15 cm tandis que les autres enclos auront des populations de *P. thornei* augmentant à plus grandes profondeurs, par exemple 30-60 cm.

**Bien qu'une connaissance détaillée** de la distribution puisse être utile, la majorité des décisions de gestion à la ferme seront basées sur la présence ou l'absence de *P.*

*thornei* confirmée par échantillonnage à 0-15 ou 0 à 30 cm de profondeur.

### Les signes d'infection

Les signes d'infection par les nématodes dans les racines incluent des lésions noires ou une mauvaise structure radiculaire. Les racines endommagées sont inefficaces pour absorber l'eau et les nutriments, en particulier l'azote (N), le phosphore (P) et le zinc (Zn), ce qui provoque des symptômes de carence en éléments nutritifs et de flétrissement dans les pousses de plantes.

### CONSEILS

**Les variétés de blé intolérantes** peuvent apparaître affamées, avec un jaunissement des feuilles inférieures et un faible taux de tallage.

### ZOOM

Ces symptômes peuvent ne pas être présents dans d'autres cultures sensibles telles que l'orge et les pois chiches.

**Sources:** Wheat Southern Region. Février 2016. GRDC.



# Quelle conduite adopter?

## Observer le blé en végétation et réaliser des analyses.

### Que se passe-t-il dans les parcelles?

Bien que les symptômes des dommages causés par le RLN dans le blé puissent être dramatiques, ils peuvent facilement être confondus avec des déficiences nutritionnelles et / ou un stress hydrique.

Les dommages causés par le RLN se présentent sous la forme de lésions radiculaires brunes, mais elles peuvent être difficiles à voir ou à causer par d'autres organismes. Les systèmes racines sont souvent compromis, avec une ramification réduite, des quantités réduites de poils radiculaires et une incapacité à pénétrer profondément dans le profil du sol. Le RLN crée un système racinaire inefficace, ce qui réduit la capacité de l'installation à accéder à la nutrition et à l'eau du sol.

Les dommages visuels au-dessus de la surface du RLN ne sont pas spécifiques. Le jaunissement des feuilles inférieures est souvent observé, ainsi que la réduction du tallage et une réduction de la biomasse végétale. Les symptômes sont plus susceptibles d'être observés plus tard dans la saison, en particulier lorsque la culture dépend de l'humidité stockée dans le sous-sol.

Dans les premiers stades de l'infection à RLN, des taches localisées de blé mal performant peuvent être observées. Le test de sol de ces patches peut aider à confirmer ou à éliminer le RLN en tant que problème possible. Dans les paddocks où la production précédente de blé a été plus uniforme, une approche aléatoire du carottage du sol peut être plus appropriée.

### ZOOM

Un autre indicateur utile de la présence de RLN est le rendement à faible rendement des variétés de blé intolérants au RLN.

### Symptômes au-dessous du sol

Étant donné que les symptômes du RLN sur le dessus de la surface sont presque indiscernables d'autres maladies racines ou des contraintes nutritionnelles, il est nécessaire d'examiner les racines des plantes pour les symptômes.

Pour inspecter les systèmes racines pour les maladies, ils doivent être creusés à partir du sol à l'aide d'une pelle, non tirés du sol. Tirer du sol laisse la plupart des racines malades derrière. Les racines doivent être

soigneusement lavées pour enlever le sol. Les racines peuvent ensuite être inspectées pour la maladie en les flottant dans un bac blanc contenant de l'eau et à la recherche de symptômes de dégâts de nématodes.

Dans les céréales, les racines primaires et secondaires montrent un brunissement général et une décoloration.

Il y aura moins de latéraux plus courts qui se ramifient des racines principales et un manque de poils racines (figure 6). Le cortex racine (ou la couche racine externe) sera endommagé et il peut être désintégré.



Figure 6: Symptoms of root-lesion nematode on wheat roots include darkening of the cortex and lack of root hairs.

Le diagnostic visuel est difficile et ne peut être confirmé qu'avec des tests de laboratoire ou en utilisant un test de sol PreDicta B.

Figure 6: Les symptômes du nématode racinaire sur les racines du blé incluent l'obscurcissement du cortex et le manque de racines.

### CONSEILS

Nous conseillons aux céréaliers d'observer les racines du blé s'ils font souvent revenir du blé sur une même parcelle. Ndlr.

**Sources:** *Wheat Southern Region. Février 2016. GRDC.*

## VARIETES RESISTANTES

# Des variétés de blé résistantes.

## Virulence variable selon variétés et régions.

Les populations de nématodes de Tiaret et d'Oued Smar ont montré un comportement similaire sur l'ensemble des céréales différentielles.

### Concernant les blés

Les populations testées sont considérées virulentes sur le blé Capa et l'orge Emir et avirulentes sur le reste des cultivars. Néanmoins, leurs degrés de virulence sont différents.

En effet, la population de Tiaret s'avère plus virulente sur le blé Capa que sur l'orge Emir. Inversement, la population d'Oued Smar se montre moins agressive sur Capa qu'elle l'est sur Emir. Cette variation serait probablement liée à leur capacité intrinsèque à la reproduction, à leur préférence d'hôtes, ou encore à leur origine géographique différente.

### Concernant les orges

Concernant les orges, la reproduction des deux populations est largement tolérée par Emir portant le gène de résistance RhaE. Elle est par contre empêchée par les cultivars Ortolan, Siri, et Marocco porteurs respectifs des gènes de résistance Rha1, Rha2+ et Rha3. La résistance de ces trois cultivars indique clairement que les deux populations d'*H. avenae* sont des pathotypes appartenant au Groupe I.

En outre, la réaction des blés montre que les cultivars AUS 10894 et Loros, porteurs du gène de résistance Cre1, se sont opposés à la multiplication des deux populations alors que Capa s'avère un excellent hôte notamment pour le pathotype de Tiaret.

### Concernant l'avoine

Quant aux cultivars d'avoine A. sterilis I.376 et NidarII, ils sont résistants et ne multiplient guère ces populations. Les avoines semblent constituer un mauvais hôte pour *H. avenae* dans les pays méditerranéens, contrairement à certains pays du Nord de l'Europe où elles sont considérées comme hôte préférentiel.

### REPERES

Si l'on considère le comportement des populations de Tiaret et Oued Smar sur la totalité des cultivars différentiels testés, elles peuvent être considérées comme deux entités physiologiques identiques malgré leur origine géographique diverse.

Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Bossis et Rivoal (1996) qui confirment que la population algérienne en provenance de Tiaret (Sidi Hosni) présente les caractéristiques du pathotype méridional Ha 41 de l'espèce *H. avenae* sensu strictos, qui s'attaque préférentiellement aux blés plutôt qu'aux avoines sur lesquelles elle est avirulente.

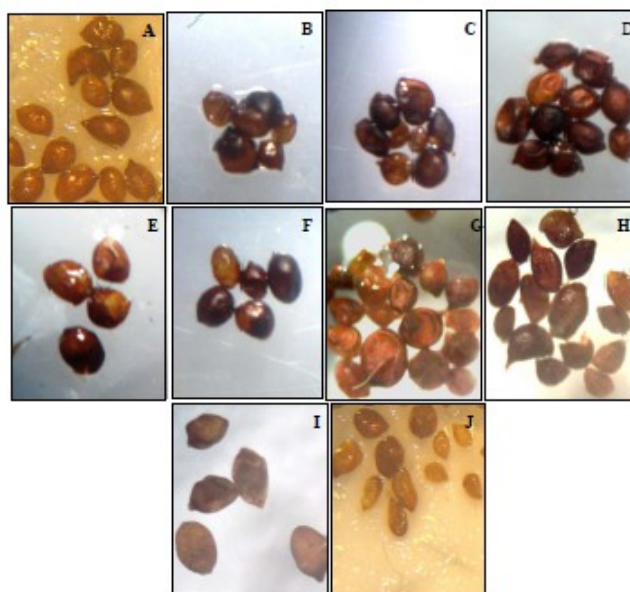
Par ailleurs, les tests d'éclosion montrent que ces populations présentent des caractéristiques biologiques identiques à celles des écotypes méridionaux ayant une diapause estivale et une activité larvaire hivernale coïncidant avec les stades sensibles des céréales.

### ZOOM

La description d'un même pathotype dans deux régions bioclimatiques différentes, n'exclue pas l'existence d'un mélange de pathotypes au sein de chacune d'elles, vu la variabilité de la virulence phénotypique enregistrée chez des populations locales dans plusieurs pays.

### Prospective

Il serait souhaitable d'élargir les tests de virulence sur les variétés céréalières cultivées localement et d'explorer les graminées sauvages afin de déceler d'éventuelles sources de résistance pour les intégrer dans les systèmes de culture.



Kystes de nématodes (Fatima HADDADI).

Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi). Les inter-tires sont de la rédaction. Ndlr..

# Des variétés de blé résistantes.

## Onze gènes de résistance à *H. avenae* détectés chez le blé.

Les variétés résistantes constituent un élément clé dans la stratégie d'une gestion intégrée et efficace contre les bioagresseurs ainsi que les autres agents pathogènes qui coexistent généralement dans les mêmes sols.

### Résistance variétale, voie la plus intéressante

Pour des raisons économiques et environnementales, la résistance variétale est actuellement la voie la plus intéressante pour lutter contre les nématodes à kystes des céréales. Cet intérêt a été démontré lors de la protection du blé dur en France avec l'utilisation des orges résistantes qui ont assuré l'assainissement des sols après seulement deux années de culture.

La différenciation inter et intra spécifique dans ce complexe de nématodes à kystes des céréales pour leur virulence vis-à-vis des Triticeae et leur capacité reproductive intrinsèque est discutée au même titre que l'utilisation des résistances complète et partielle dans les programmes de sélection).

### ZOOM

Onze gènes de résistance à *H. avenae* sont détectés chez le blé, cinq chez l'orge et trois gènes anonymes chez l'avoine qui confèrent de manière collective, une résistance aux pathotypes connus d'*H.avenae*. Ces gènes sont résumés dans le tableau 4.

Il a été confirmé que le gène *Cre1* du blé cv. Loros est inefficace contre les populations d' *H. avenae* d'Australie, d'Inde et de Palestine, ainsi que contre les populations d '*H. filipjevi*.

Des travaux ont conduit à la création de variétés de ray-grass d'Italie présentant un bon niveau de résistance au développement d'*H. avenae*. La stabilité de cette résistance est confirmée après deux cycles successifs de multiplication du matériel végétal sélectionné.

### Transfert de résistance au blé

Récemment, la résistance à *H. avenae* portée par *Aegilops ventricosa* est transférée au blé ce qui a permis une nette réduction du nombre de nématodes par plant et a augmenté ainsi la production sans aucun préjudice au blé en absence de l'infestation. Cependant, le manque d'informations génomiques a limité les études sur les gènes de résistance portés par *Ae. variabilis* et par conséquent, ses applications génétiques dans l'amélioration de la résistance du blé.

### CONSEILS

L'utilisation des cultivars résistants nécessite une identification préalable des différentes espèces nuisibles impliquées dans les dégâts.

Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi)

Tableau 4 –Gènes de résistance à *H.avenae* décelés chez les céréales  
(Smiley et al., 2011)

Céréale	Gènes de résistance	Source
Blé	<i>Cre1</i> et <i>Cre8</i>	<i>T.aestivum</i>
	<i>Cre2</i> , <i>Cre5</i> et <i>Cre6</i>	<i>Aegilops ventricosa</i> Tausch.
	<i>Cre3</i> et <i>Cre4</i>	<i>Aegilops tauschii</i> Coss.
	<i>Cre7</i>	<i>Aegilops triuncialis</i> L.
	<i>Cre X</i> et <i>Cre Y</i>	<i>Aegilops variabilis</i> Eig.
	<i>CreR</i>	Triticale (xTriticosecale Wittmack)
Orge	<i>Rha 1</i> et <i>Rha2</i>	---
	<i>Rha3</i>	Morocco
	<i>Rha E</i>	Emir
	<i>Rha4</i>	Galleon
Avoine	3 gènes anonymes	<i>Avena sterilis</i> B76

# Des champignons antagonistes (I).

## Certains champignons s'attaquent aux nématodes.

Les deux genres *Verticilium* sp. et *Paecilomyces* sp. isolés sur un milieu de base sont des champignons qui s'attaquent aux nématodes à kyste des céréales.

### Le genre *Verticilium*

Le genre *Verticilium* sp. est isolé uniquement au niveau des parcelles P2 (Tipaza) et Bouandas (Sétif) où la céréaliculture est pratiquée de façon permanente ce qui concorde avec les travaux de Kerry et al. (1982b), qui rapportent que ce champignon est fréquent dans les systèmes de monoculture céréalière où il exerce une régulation naturelle des populations d'*H. avenae*, en provoquant la destruction de 95 – 97 % des femelles et des oeufs.

En effet, *Verticilium chlamyosporium* impliqué dans le contrôle naturel des populations d'*H. avenae* est rapporté dans plusieurs pays. Il parasite principalement les oeufs, mais peut aussi parasiter les femelles (Kerry et Hirsch, 2011).

### *Paecilomyces lilacinus*

L'espèce *Paecilomyces lilacinus* parasite également les oeufs d'*H. avenae*, mais à un degré moins important. Il semblerait que ce champignon produise des substances antagonistes au développement des autres champignons.

L'utilisation du potentiel de lutte biologique différents organismes peut efficacement réduire la densité des nématodes lorsqu'ils sont appliqués en combinaison.

### REPERES

Des recherches ont démontré que l'application associée de *Paecilomyces lilacinus* nématophage avec le champignon de piégeage *Monacrosporium lysipagum* est plus efficace pour contrôler les populations de nématodes et a entraîné une réduction de 65% des kystes d'*H. avenae* sur l'orge.

L'usage d'une large gamme de milieux de culture complexes a permis l'isolement de 25 souches fongiques à partir des kystes d'*Heterodera* sp. dont 14 sont identifiées au stade genre.

L'identité des genres *Mucor* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., et *Acremonium* sp., a été confirmée au CNR de Bari, où nous travaillons en collaboration en

vue d'identifier tous les isolats jusqu'au niveau de l'espèce par la biologie moléculaire.

Bien que le nombre de kystes ensemencés soit constant, l'abondance des champignons isolés varie d'une population de kystes à une autre. Selon Chen et Chen (2002), cette variation serait liée aux différences des conditions pédoclimatiques particulières à chaque région.

Ainsi, une importante diversité de la mycoflore est observée chez les kystes des populations d'Oued smar et de Bouira, avec 09 et 11 souches fongiques isolées respectivement. Chez les kystes de la population de Tipaza, seules quatre souches sont isolées.

*Periconia* sp., *Mucor* sp., *Rhizopus* sp., *Cladosporium* sp., *Chrysonilia* sp. et *Harposporium* sp. sont les genres isolés à partir des kystes d'Oued Smar. Les trois premiers sont également signalés en Tunisie où ils sont associés aux kystes d'*Heterodera avenae* (Mensi et al, 2011).

Les genres *Geotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Torula* sp., *Cylindrocarpon* sp. et *Aspergillus* sp. sont identifiés chez les kystes de Bouira. Selon Eapen et al. (2005) et Ashrafi al. (2014), les genres *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., et *Acremonium* sp. sont des parasites secondaires des kystes, mais ils jouent un rôle non négligeable dans la suppression naturelle des nématodes. En effet, Dackman et Nordbring-Hertz (1985) indiquent que *Fusarium oxysporum* et *Acremonium strictum* sont les principaux parasites des oeufs d'*Heterodera schachtii* nématode à kyste de la betterave décelé dans cette région.

### ZOOM

Des chercheurs considèrent les genres *Harposporium* sp., *Cladosporium* sp., *Geotrichum* sp., *Torula* sp., *Acremonium* sp. et *Cylindrocarpon* sp. comme étant des champignons capables de réduire la multiplication des nématodes par parasitisme, ou par prédation.

Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi)

# Des champignons antagonistes (II).

## Des espèces qui s'attaquent aux larves et aux kystes.

Seuls deux genres *Fusarium* sp. et *Pochonia* sp. sont identifiés chez les kystes de la population d'Oued Smar. Ce dernier est le champignon le plus impliqué dans la gestion naturelle des nématodes.

En effet, *Pochonia* sp. est un hyperparasite facultatif ubiquiste des oeufs de nématodes phytoparasites. L'espèce *Pochonia chlamydosporia* (syn. *Vericillium chlamydosporium*) est particulièrement connue pour son parasitisme de plusieurs espèces de nématodes à importance économique, notamment les genres *Meloidogyne*, *Heterodera* et *Globodera*.

Ce champignon agit par émission des appressoriums qui pénètrent dans les corps des femelles âgées, atteignent les oeufs qu'elles contiennent et détruisent progressivement leur contenu jusqu'à ce que les coquilles soient remplies d'hyphes et de spores mais l'infection fongique des oeufs est plutôt moins fréquente chez les kystes.

### Blocage de la formation des kystes

*P. chlamydosporia* produit des substances antagonistes au développement des autres champignons et devient par conséquent le seul parasite d'*H. avenae* ce qui pourrait expliquer l'absence d'autres genres fongiques chez les kystes de la population d'Oued Smar.

L'efficacité de ce champignon réside dans sa capacité à empêcher la formation des kystes en réduisant la fécondité des oeufs ce qui se traduit par une diminution de l'infestation allant de 26 à 80 %. Cependant, les souches de ce champignon varient dans leur efficacité à contrôler les populations de nématodes, dans leur virulence et dans leur capacité de production de chlamydo-spores.

L'activité du genre *Fusarium* sur terrain est plus intense lorsqu'il est associé à cinq isolats (*Chaetomium* sp., *Fusarium solani*, *Penicillium oxalicum*, *Stemphylium solani* et *F. proliferatum*) qui induisent une efficacité de lutte de plus de 35%.

### Des champignons opportunistes

Parmi les genres identifiés, *Periconia* sp., *Mucor* sp., *Rhizopus* sp., *Harposporium* sp., *Cladosporium* sp. et *Torula* sp., sont considérés comme champignons opportunistes ou parasites secondaires qui n'infectent qu'un faible nombre d'oeufs et ne colonisent que les femelles mortes d'*Heterodera*.

En outre, certains genres sont également associés aux céréales. A ce titre, les genres *Pochonia* sp., *Fusarium* sp. et *Acremonium* sp. isolés pour la première fois sur les kystes d'*Heterodera filipjevi* sont aussi des endophytes et que cette association devrait être

exploitée dans la lutte biologique contre les nématodes à kystes des céréales.

Le succès initial des études de lutte biologique a conduit à une expansion de l'utilisation de différents ennemis naturels contre les nématodes, mais doivent encore être exploités comme agents de lutte biologique à l'échelle commerciale pour le blé.

### Une stratégie conservatrice

La stratégie "conservatrice" de lutte biologique consistant à favoriser la régulation naturelle des populations du nématode est progressive et ne s'établit dans le sol qu'à long terme; ce qui rend difficile son application. On pourrait lui substituer la stratégie "inondative" par des inoculations artificielles de ces agents biologiques déjà présents dans le sol et préalablement multipliés sur des milieux artificiels, en vue de combattre, au moment opportun les nématodes phytoparasites et limiter leurs dégâts sur les cultures.

De nombreuses études ont démontré la réussite de l'utilisation d'un certain nombre de micro-organismes dans la lutte biologique et la complexité de leurs relations biologiques. Leurs mécanismes d'action doivent être étudiés dans différentes approches afin de développer des stratégies permettant de maximiser l'exploitation de leur potentiel dans la gestion des nématodes à kystes des céréales.

### L'éradication des NKC est difficile

Les résultats obtenus sont originaux et encourageants dans le domaine de la lutte biologique contre nématodes à kyste des céréales, aspect jamais investigué jusqu'à présent en Algérie. Ils énoncent un outil essentiel de lutte pouvant assurer une répression naturelle et suffisante des populations de nématodes dans le sol. Les nombreux privilèges de cette lutte, notamment lorsqu'elle est associée aux techniques culturales, font d'elle une réelle alternative à la lutte chimique dans le cadre d'un programme global de lutte intégrée.

### CONSEILS

**L'éradication des NKC est difficile**, mais les populations de nématodes peuvent être maintenues en dessous de seuils économiques par l'exploitation de diverses stratégies de bio-gestion, en particulier les méthodes de lutte biologique en combinaison avec d'autres méthodes de lutte respectueuses de l'environnement.

Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi).

# Cycle biologique d'*H. avenae*.

## Des kystes avec plusieurs centaines d'oeufs.

### Une seule génération par saison

Le cycle biologique d'*H. avenae* présente une seule génération par saison de culture et ce quelque soit la région géographique. Il existe cinq stades larvaires séparés par quatre mues, la première a lieu à l'intérieur de l'oeuf d'où émergent les larves migratrices du second stade (L2). Cette éclosion est déterminée par la température.

### Des larves qui s'attaquent aux racines

Les larves (L2) envahissent les céréales au niveau de l'apex des racines puis migrent et se fixent près du cylindre central. Elles se nourrissent de substances nutritives des tissus conducteurs où ils provoquent la formation de cellules géantes d'alimentation appelées «syncytium».

### Trois mues par saison

Ensuite, ces larves subissent trois mues pour aboutir soit à un mâle filiforme libre soit à une femelle blanche citriforme qui reste fixée à la racine. Ce dimorphisme sexuel accentué est d'ailleurs à l'origine du nom donné au genre *Heterodera*. Une fois la fécondation obligatoire est effectuée, la paroi de la femelle durcit et brunit puis elle meurt et se transforme en kyste.

Fig. 5– Cycle de vie des nématodes à kyste des céréales illustrant l'invasion des racines par les larves infectieuses (J2)

Ce dernier constitue la principale caractéristique biologique d'*H. avenae*. Il est issu de la chitinisisation du tégument de la femelle et constitue ainsi sa forme de survie.

### Des kystes avec des centaines d'oeufs

Les kystes renferment plusieurs centaines d'oeufs embryonnés, les plus larges peuvent contenir jusqu'à 600 larves complètement développées à l'intérieur des oeufs. Ils se détachent de la racine et tombent dans le sol où ils demeurent viables pendant plusieurs années.

### Une émergence larvaire hivernale

L'émergence des larves est conditionnée par deux principaux facteurs climatiques stricts, à savoir le taux d'humidité et les conditions thermiques.

### ZOOM

Chez les populations algériennes d'*H.avenae*, l'émergence larvaire est hivernale et coïncide avec les stades sensibles (levée) des céréales.

Fig. – Schéma montrant la synchronisation du cycle biologique annuel des populations d'*H. avenae* avec les stades phénologiques des céréales. (Haddadi ,1997).

### REPERES

L'émergence des larves est conditionnée le taux d'humidité et les conditions thermiques.

Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi)

# Quel niveau de pertes?

**Pertes considérables et moyens de dissémination.**

## Modes de dissémination

Les vents constituent le principal facteur de dissémination des kystes, mais les opérations culturales, les outils de travail du sol et l'eau d'irrigation peuvent aussi contribuer à la dissémination de ce parasite.

## Symptômes

Les symptômes ne sont pas spécifiques et varient selon les espèces de céréales hôtes (Smiley et Yan, 2010).

### En plein champ

Les symptômes induits par *H. avenae* se traduisent généralement par de larges plages circulaires à végétation très faible, constituée de plants chétifs. Les plants attaqués présentent un tallage réduit et deviennent rabougris et nains et les épis formés sont ainsi maigres.

### Sur les feuilles

Les symptômes des plants attaqués rappellent ceux d'une grave déficience en azote et en d'autres minéraux. Les feuilles se décolorent puis deviennent jaunes sur l'orge, rouges sur l'avoine et jaunes-rougeâtres sur le blé.

Fig. –Symptômes causés par les nématodes à kystes des céréales.

### Sur les racines

Le système racinaire montre un aspect anormal. Chez le blé et l'orge les racines branchent excessivement aux endroits où les femelles ont établi un site d'alimentation dit syncytium, donnant un aspect buissonnant ou noué des racines.

## REPERES

Les racines envahies ne prolifèrent pas en profondeur et les plants attaqués se fanent facilement.

## Dégâts et pertes

Les cultures céréalières sont parasitées par de nombreux agents pathogènes et ravageurs, dont les nématodes parasites. Les pertes liées à ces derniers sont estimées à 85 milliards de dollars à travers le monde.

Nicol (2002) rapporte que les pertes de rendements causées par les nématodes à kyste sont de 15 à 20% sur blé au Pakistan, de 40 à 92% sur blé et 17 à 77 % sur

orge en Arabie Saoudite et de 23 à 50 % sur blé et 20% sur orge en Australie. Elles peuvent dépasser 90% dans les champs fortement infestés.

*H. avenae* s'attaque aux céréales et provoque d'importantes pertes économiques dans de nombreuses régions du monde au cours de ces 40 dernières années. D'autres espèces de nématodes du genre *Heterodera* peuvent également endommager les cultures de céréales (Tableau).

Tableau 3 – Pertes de rendements liées aux complexe *H. avenae*.

Espèce	Pertes
<i>H. avenae</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20-50% sur blé en Australie (Meagher, 1982)</li> <li>• Plus de 50% sur orge à Chypre (Singh <i>et al.</i>, 2010)</li> <li>• 40-90% sur le blé en Arabie saoudite (Ibrahim <i>et al.</i>, 1999)</li> <li>• 50% de perte sur blé d'hiver aux USA (Smiley <i>et al.</i>, 2005).</li> <li>• 24% au champ à 28 L2/g sol en Syrie (Singh <i>et al.</i>, 2010).</li> <li>• 26-96% en Tunisie (Namouchi-Kachouri <i>et al.</i>, 2009).</li> </ul>
<i>H. filipjevi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus de 40% de pertes au champ sur blé (Hadjihassani <i>et al.</i>, 2010)</li> <li>• 50 % en Anatolie, Turquie (Nicol <i>et al.</i>, 2004).</li> </ul>
<i>H. hordecalis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orge, ray-gras et blé (Singh <i>et al.</i>, 2013)</li> </ul>
<i>H. latipons</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• baisse de rendement de 55% (Hadjihassani <i>et al.</i>, 2010)</li> </ul>
<i>H. avenae</i> <i>H. filipjevi</i> <i>H. latipons</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jusqu'à 89% de pertes sur blé d'hiver(Rivoal etCook,1993etNicolet <i>al.</i>, 2004).</li> </ul>

## ZOOM

L'intensité des dégâts est déterminée par l'infestation initiale, mais elle peut être modifiée d'une part, par les conditions édaphiques et climatiques lorsque le manque d'eau ou de nutriments devient un facteur limitant pour la croissance optimale des plants et par les variétés cultivées d'une autre part.

Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi)

# Quelles méthodes biologiques?

## Une alternative à explorer avec pour candidats les antagonistes naturels de ces nématodes

### Méthodes biologiques

Bien que la rotation culturale et l'utilisation des variétés résistantes constituent actuellement les moyens de lutte les plus adoptés contre les nématodes à kyste des céréales, la lutte biologique est une alternative à explorer avec pour candidats les antagonistes naturels de ces nématodes.

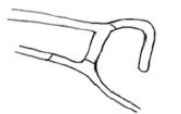
La lutte biologique consiste à réduire les populations de nématodes grâce à l'action des microorganismes vivants, qui se produit naturellement ou par la manipulation de l'environnement ou l'introduction d'antagonistes.

### Champignons antagonistes de nématodes

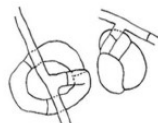
Les champignons occupent une place importante dans la régulation des populations de nématodes dans le sol. Certains, ont montré un grand potentiel comme agents de lutte biologique. Ces organismes microscopiques peuvent capturer, tuer et digérer les nématodes. Il existe trois groupes de champignons antagonistes.

### Champignons prédateurs

Les champignons nématophages de piégeage capturent les nématodes mobiles grâce à leurs différents organes spécialisés dits pièges. Leur structure morphologique est variable selon les espèces fongiques. Certains forment des filets ou des boutons adhésifs d'autres possèdent des branches adhésives les anneaux constricteurs.



A. Hyphes adhésifs indifférenciés



B. Anneaux constricteurs.



C. Tubercules collants.



D. Boutons adhésifs.

### Champignons parasites

Ils infectent les nématodes en utilisant des spores adhésives et des zoospores qui s'attachent à la surface de la femelle blanche. Ils se nourrissent de son contenu et le remplacent éventuellement par leurs spores de repos l'empêchant ainsi de se transformer en kyste. Certains champignons parasitent également les oeufs et

les kystes grâce à leurs hyphes.

### Des champignons endoparasites

C'est un groupe de champignons qui ne peuvent pas proliférer dans le sol en absence des nématodes. *Nematophthora gynophila* parasite les femelles d'*H. avenae*, baisse leur reproduction et empêche la formation des kystes.

### Des endoparasites facultatifs

Ce sont des champignons capables de proliférer dans la rhizosphère même en absence des nématodes hôtes. Leurs filaments pénètrent dans les oeufs en perforant la coque puis détruisent les embryons. Ils s'attaquent aussi bien aux oeufs du genre *Meloidogyne* qu'à ceux du genre *Heterodera*.

### Champignons colonisant les nématodes

Près de 150 espèces de champignons colonisent les femelles, les kystes et les oeufs de 8 espèces de nématodes à kystes. Ces derniers peuvent être infectés à différents stades de leurs cycles de vie.

*Verticillium chlamyosporium* est un hyphomycète qui parasite aussi bien les oeufs que les femelles de la rhizosphère et provoque la réduction de leur fécondité. Il est considéré comme étant le principal ennemi naturel d'*Heterodera*.

### REPERES

*Paecilomyces lilacinus* se caractérise par des filaments qui percent la coque de l'oeuf grâce à des enzymes appropriées, pénètrent à l'intérieur et parasitent l'embryon.

*Fusarium oxysporum* et *Acremonium strictum* sont les principaux parasites des oeufs d'*Heterodera schachtii* nématode à kyste de la betterave en Californie.

### ZOOM

L'espèce *Pochonia chlamyosporia* et 11 autres genres fongiques tels que, *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Periconia* sp., *Rhizopus* sp. et *Alternaria* sp., qui sont associés à *H. avenae* ont été isolées dans différentes régions de la Tunisie.

Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi)



## CONCLUSION GENERALE

# Forte présence de nématodes.

Taux d'infestation de 92% des parcelles enquêtées.

Divers aspects relatifs aux nématodes à kystes des céréales notamment à l'espèce *H.avenae*, sont abordés dans ce travail.

### Distribution des nématodes en Algérie

La première partie est une suite complémentaire à de nombreux travaux antérieurs menés sur la distribution des espèces de nématodes à kystes des céréales en Algérie.

En effet, l'étude de l'état d'infestation de quelques parcelles céréalières situées à l'ouest, au centre et à l'est de l'Algérie, montre que mises à part les parcelles prospectées aux Isser (Boumerdès), El Maleh (Ain Témouchent) et Lamtar (Sidi Bel Abes) où nous n'avons pas récolté de kystes, toutes les parcelles prospectées s'avèrent infestées par les nématodes à kyste *Heterodera* spp. des céréales ; ce qui représente un taux d'infestation total de 92,5 %.

Les niveaux d'infestation sont cependant variables d'une région à une autre, voire au sein de la même région.

### ZOOM

Les plus élevés sont observés au niveau des parcelles cultivées en blé comme celles de Bouandas (Sétif), Tamlouka (Guelma), El Esnem (Bouira) et Ouled Rahmoun (Constantine), avec des degrés respectifs de 281 ; 267 ; 145 et 134 kystes / kg de sol.

### Des méthodes de lutte

Ce constat suggère la mise en oeuvre des méthodes de lutte basées essentiellement sur l'introduction des cultures non- hôtes dans les systèmes de culture afin de baisser les niveaux d'infestation à un seuil tolérable.

En outre, il est recommandé de faire une analyse nématologique à la fin de culture des céréales en vue d'estimer les degrés d'infestation notamment dans les grandes étendues céréalières.

Il est important de signaler que les densités des populations des nématodes à kystes et leurs effets sur la croissance et le rendement des céréales sont

généralement sous-estimées par les agriculteurs et les agronomes en raison des difficultés liées à leur détection et à l'estimation correcte des degrés d'infestation des champs céréalières.

### CONSEILS

La connaissance des densités des nématodes à kystes permettrait une bonne orientation pour le choix de la culture à mettre en place, afin de mieux la protéger contre ces parasites.

S'il est clair que l'espèce *H. avenae* est présente dans divers environnements et systèmes de culture céréalière d'Algérie, l'amplitude de l'infestation reste inconnue surtout dans les systèmes de culture traditionnels non irrigués, car les nématodes sont rarement échantillonnés vu l'absence de symptômes spécifiques.

L'étude biométrique des kystes de quelques populations d'*Heterodera* spp. d'origine géographique diverse révèle une diversité morphologique remarquable chez ces nématodes.

En effet, les kystes de Bouira ont la plus grande taille, suivis par ceux de Tleghema, Oran, Souk Ahars, El Ghomri, Djendel et Mostaganem.

S'il est clair que l'espèce *H. avenae* est présente dans divers environnements et systèmes de culture céréalière d'Algérie, l'amplitude de l'infestation reste inconnue.

Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi)

## CONCLUSION GENERALE

# Quels moyens de lutte?

## Utiliser la résistance variétale.

Les observations des régions périnéales de 10 populations indiquent la présence de l'espèce *H. avenae* dans la quasi-totalité des parcelles prospectées. D'autres espèces comme *H. latipons*, *H. filipjevi* et *H. bifenestra* sont également décelées avec une fréquence remarquable d'*H. latipons* notamment dans les régions de Bouira, Mostaghanem, Djendel et Boandas.

### Présence d'espèces redoutables

La mise en évidence pour la première fois d'*H. filipjevi* mérite une attention particulière notamment lorsqu'elle coexiste en mélange avec *H. avenae* et *H. latipons* vu qu'elles sont considérées comme étant les espèces les plus redoutables sur les cultures céréalières.

Aussi, la présence des nématodes à kyste de la betterave du groupe *Heterodera schachtii* confirmée par PCR-RFLP dans la région de Bouira, constitue une donnée importante qui doit être prise en considération dans les systèmes de rotation des cultures.

Ces résultats soutiennent l'idée que les nématodes à kystes des céréales et des graminées constituent un complexe d'espèces très proches, avec de légères variations dans la biologie et dans la gamme d'hôtes.

### Comportement variétal, un intérêt capital

En outre, la connaissance de leur virulence et le comportement des variétés céréalières locales est d'un intérêt capital pour prévenir leur incidence et d'élaborer les moyens de lutte adéquats.

### Variétés au comportement différent

Dans ce contexte, la caractérisation de la virulence de deux populations d'*H. avenae* de Tiaret et d'Oued Smar

étudiée en conditions naturelles puis in vitro montre que les céréales testées ont exprimé les mêmes réactions aux deux populations.

En effet, les deux populations se reproduisent convenablement sur le cultivar d'orge Emir et celui de blé Capa, mais n'expriment aucun développement chez les cultivars d'orge Siri, Ortolan et Morocco. Les cultivars d'avoine Nidar II et A. sterilis I. 376 et ceux de blé Loros et AUS 10894 sont complètement résistants.

## ZOOM

La connaissance de leur virulence et le comportement des variétés céréalières locales est d'un intérêt capital pour prévenir leur incidence et d'élaborer les moyens de lutte adéquats.

## CONSEILS

*Nous conseillons aux céréaliers de:*

- faire analyser leur parcelle,
- choisir des variétés résistantes,
- respecter les rotations de culture. Ndlr.

*Nb : (extraits de la thèse de Mme F. Haddadi).*