

# Nématodes phytoparasites en Suisse

## Principaux genres, symptômes d'infestation et mesures de lutte

**Autrices et auteurs:** Tobias Stucky, Silvan Meyer, Thyda Sy, Paul Dahlin

### Introduction

Les nématodes, également connus sous le nom de vers filiformes, constituent un groupe animal riche en espèces. Ils sont présents dans le monde entier et colonisent pratiquement tous les milieux. Très abondants dans les sols, on les retrouve également dans les environnements aquatiques. Ils survivent même dans des conditions environnementales défavorables.

En raison de leur abondance exceptionnelle et de leur diversité écologique, les nématodes comptent parmi les groupes d'animaux les plus significatifs et les plus nombreux de la planète. Ils représentent une composante essentielle de la faune du sol. Sur le plan écologique, ils jouent un rôle-clé dans le cycle des éléments nutritifs, notamment en régulant les processus microbiens et en contribuant à la transformation de la matière organique.

Les nématodes revêtent en outre une grande importance pour l'agriculture. Certaines espèces sont utilisées de manière ciblée comme organismes de lutte biologique contre les insectes ravageurs; d'autres, en revanche, sont phytoparasites et susceptibles de causer des pertes de rendement considérables. Comme la plupart des nématodes sont microscopiques, ils passent souvent inaperçus dans les champs, bien qu'ils puissent avoir des effets tant bénéfiques que néfastes sur les écosystèmes agricoles.

### Nématodes phytoparasites

Les nématodes phytoparasites sont des parasites stricts présents dans les sols agricoles du monde entier. Ils peuvent infester la quasi-totalité des cultures les plus importantes. Environ 10 à 15 % des espèces de nématodes connues appartiennent à ce groupe, mais seules 0,5 à 1 % d'entre elles sont significatives sur le plan économique. Malgré cette faible proportion, les nématodes phytoparasites provoquent des pertes de rendement considérables à l'échelle mondiale, estimées à près de 80 milliards de dollars américains par an. L'ampleur des dégâts dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'espèce de nématode, de la densité de population, de la densité initiale dans le sol ainsi que de la culture concernée.

En Suisse, les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.), les nématodes à kystes (*Heterodera* spp. et *Globodera* spp.), les nématodes des tiges (*Ditylenchus* spp.) ainsi que les

nématodes des lésions (*Pratylenchus* spp.) comptent parmi les genres de nématodes phytoparasites les plus importants en raison de leur large spectre d'hôtes, de leur vaste répartition et de leur fort potentiel de nuisance. Les nématodes à galles constituent des ravageurs majeurs, en particulier dans les cultures maraîchères. Ils peuvent entraîner, dans certaines cultures comme les tomates, les concombres, les carottes ou les pommes de terre, des pertes de rendement pouvant aller jusqu'à la destruction totale des récoltes, notamment en raison de la formation de galles racinaires et de la survenue d'infections secondaires. Les nématodes à kystes s'attaquent à de nombreuses grandes cultures telles que la betterave sucrière et la pomme de terre; parmi eux, les nématodes à kystes de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont des organismes de quarantaine réglementés en Suisse, en raison des pertes économiques considérables qu'ils peuvent engendrer. Outre les genres *Meloidogyne*, *Globodera*, *Heterodera*, *Ditylenchus* et *Pratylenchus*, certains nématodes vecteurs de virus tels que *Xiphinema* et *Longidorus* jouent également un rôle important dans plusieurs cultures spéciales.

Une infestation par des nématodes est souvent difficile à détecter, car les symptômes ne sont pas spécifiques et peuvent facilement être confondus avec des carences nutritionnelles ou d'autres causes. La lutte contre les nématodes phytoparasites est particulièrement complexe en raison de leur large spectre d'hôtes, de leur persistance dans le sol et de leur propagation aisée via les machines et le matériel végétal infecté. Les mesures de lutte étant très spécifiques à chaque espèce, l'identification précise de l'espèce de nématode constitue un prérequis indispensable à une gestion efficace. Ce n'est pas seulement la densité des nématodes qui importe, mais surtout la nature des espèces présentes qui détermine le choix des stratégies de lutte les plus appropriées. Une identification fiable de l'espèce est donc essentielle à la mise en place de mesures efficaces et durables. Dans ce contexte, la prévention et une surveillance ciblée revêtent une importance capitale.



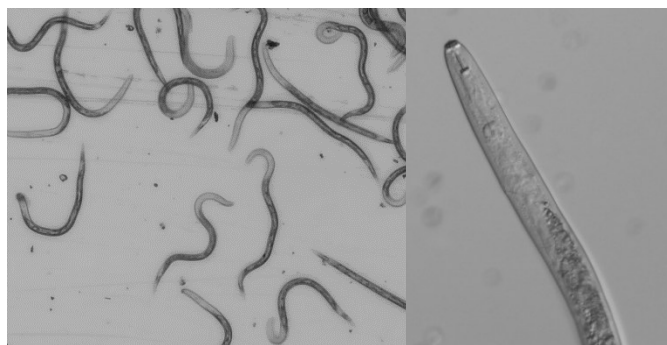


Fig. 1: Juvéniles infectieux au stade 2 du genre *Pratylenchus* spp., présentant un stylet très développé (Photos: Agroscope).

## Biologie et écologie

Les nématodes phytoparasites présentent généralement un cycle de développement comprenant six stades: l'œuf, quatre stades juvéniles (J1 à J4) et le stade adulte. Le développement embryonnaire a lieu dans l'œuf, où se forme la première larve (J1). La première mue se déroule généralement encore dans l'œuf, de sorte que l'éclosion a lieu au deuxième stade juvénile (J2) (fig. 1).

Chez de nombreux endoparasites sédentaires importants sur le plan économique (p. ex. les espèces *Meloidogyne*, *Heterodera* et *Globodera*), le stade J2 constitue le principal stade infectieux. Après l'éclosion, les larves J2 recherchent activement une plante hôte adaptée et pénètrent dans les tissus racinaires à l'aide de leur stylet. Les stades juvéniles

suivants (J3 et J4) se développent ensuite à l'intérieur ou à la surface de la plante, jusqu'au stade adulte. Chez ces espèces, un dimorphisme sexuel prononcé est fréquemment observé: les femelles demeurent sédentaires dans les tissus végétaux, tandis que les mâles, mobiles, circulent librement dans le sol ou dans la rhizosphère.

Les nématodes phytoparasites se distinguent par une grande diversité de stratégies alimentaires et de modes de vie (fig. 2). Une première classification repose sur l'organe végétal colonisé (feuilles, tiges ou racines) ainsi que sur leur mode de vie (migrateur ou sédentaire). Les espèces migratrices se déplacent activement dans les tissus végétaux et se nourrissent de différentes cellules au cours de leur développement, tandis que les espèces sédentaires induisent la formation d'un site nourricier permanent où elles demeurent jusqu'à leur maturité. En fonction de leur mode d'alimentation, les nématodes phytoparasites sont également répartis en deux grandes catégories: les ectoparasites qui se nourrissent à l'extérieur des tissus végétaux, dans le sol ou à la surface des racines et les endoparasites, qui se nourrissent à l'intérieur des tissus de la plante hôte.

Les endoparasites migrateurs tels que *Pratylenchus* spp. pénètrent généralement dans le tissu racinaire au niveau de l'apex ou des poils absorbants et se déplacent librement à l'intérieur de la racine, où ils détruisent les cellules et se reproduisent. D'autres genres, tels que *Aphelenchoides* spp. et *Ditylenchus* spp., envahissent les parties aériennes de la plante en empruntant des ouvertures naturelles, comme les

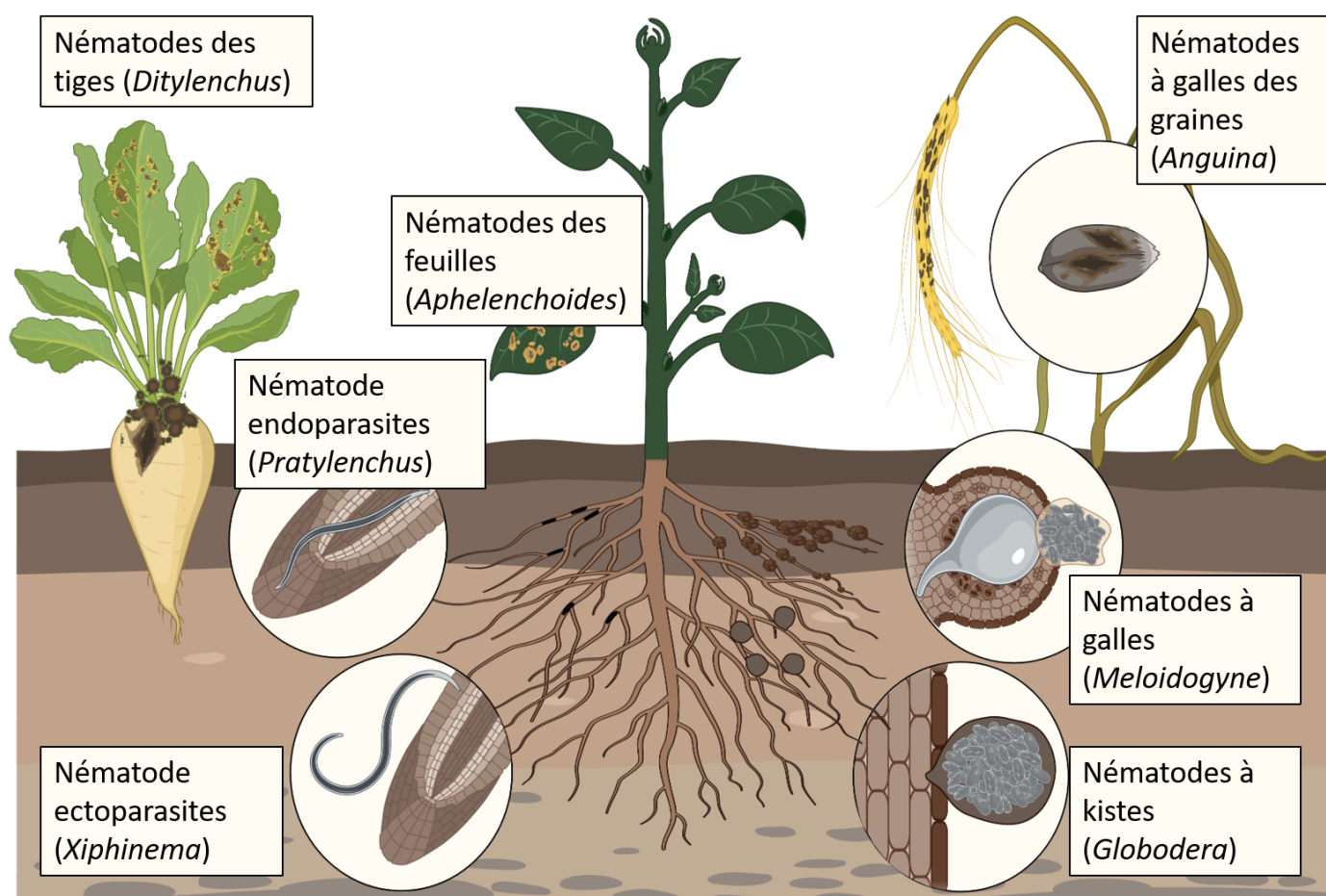


Fig. 2: Aperçu des différents modes de vie et symptômes d'infestations causés par les principaux genres de nématodes phytoparasites en Suisse.

stomates, puis colonisent les feuilles ou les tiges. Certains nématodes parasites des organes aériens, notamment les espèces des genres *Anguina*, *Ditylenchus* et *Aphelenchoides*, sont capables d'entrer en anhydrobiose, un état de dormance leur permettant de survivre durant plusieurs années dans du matériel végétal sec, des semences ou des résidus végétaux. Cette aptitude joue un rôle majeur dans leur persistance et leur dissémination. Parmi les endoparasites sédentaires, on compte notamment les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) et les nématodes à kystes (*Globodera* spp.). Les espèces *Meloidogyne* pénètrent dans la racine près de l'extrémité racinaire et migrent par voie intercellulaire jusqu'au cylindre central, où elles induisent la formation de cellules géantes spécialisées (cellules nourricières). Celles-ci servent de site nourricier permanent et entraînent la formation de galles racinaires caractéristiques.

Les nématodes à kyste, tels que *Globodera* spp., induisent en revanche la formation d'un syncytium servant de structure nourricière. Au cours de son développement, la femelle augmente fortement de volume, la partie postérieure de son corps émerge de la racine tandis que la partie antérieure reste ancrée dans le syncytium. Après la fécondation par des mâles mobiles, les œufs se développent à l'intérieur du corps de la femelle. À la mort de celle-ci, sa cuticule se durcit pour former un kyste résistant contenant de nombreux œufs. Dans des conditions favorables, ces kystes peuvent survivre dans le sol pendant de nombreuses années, parfois jusqu'à vingt ans, tout en conservant des œufs viables, ce qui en fait une source durable de risque phytosanitaire.

### Influence de la température et des conditions du sol sur l'évolution des populations

La dynamique des populations de nématodes phytoparasites est fortement influencée par les conditions environnementales. La température du sol, son humidité, sa structure ainsi que la disponibilité en oxygène déterminent l'activité, l'éclosion, le développement et le taux de reproduction des différentes espèces. Les nématodes étant des organismes à température variable, ils ne se développent que dans une plage de températures spécifique à chaque espèce. En règle générale, une augmentation de la température accélère leur taux de développement, ce qui peut accroître le nombre de générations possibles au cours d'une même période de végétation.

Les propriétés physiques du sol influencent également la reproduction et la dissémination des nématodes phytoparasites. L'humidité du sol est essentielle à leur mobilité, ces organismes se déplaçant dans les films d'eau qui entourent les particules du sol.

Ces interactions écologiques revêtent une grande importance pour la gestion des nématodes, car de nombreuses stratégies de lutte, parmi lesquelles le choix de la date de semis, l'utilisation de plantes pièges et de cultures intermédiaires, la jachère nue, la biofumigation ou les procédés thermiques, reposent directement ou indirectement sur la modification des conditions environnementales et, par conséquent, sur l'influence exercée sur la dynamique de leurs populations.

## Symptômes d'infestation

Les nématodes phytoparasites provoquent une multitude de symptômes divers sur leurs plantes hôtes. Ces symptômes se répartissent généralement en deux catégories: les symptômes aériens et les symptômes racinaires (fig. 2 et 3). Les principaux symptômes de dommages sont résumés ci-après.

### Symptômes aériens

Les symptômes observés sur les parties aériennes sont souvent non spécifiques et peuvent facilement être confondus avec d'autres dommages d'origine biotique ou abiotique. Dans de nombreux cas, l'infestation n'est détectée qu'à un stade avancé, lorsque les nématodes se sont déjà bien établis dans le sol et ont causé des dégâts importants.

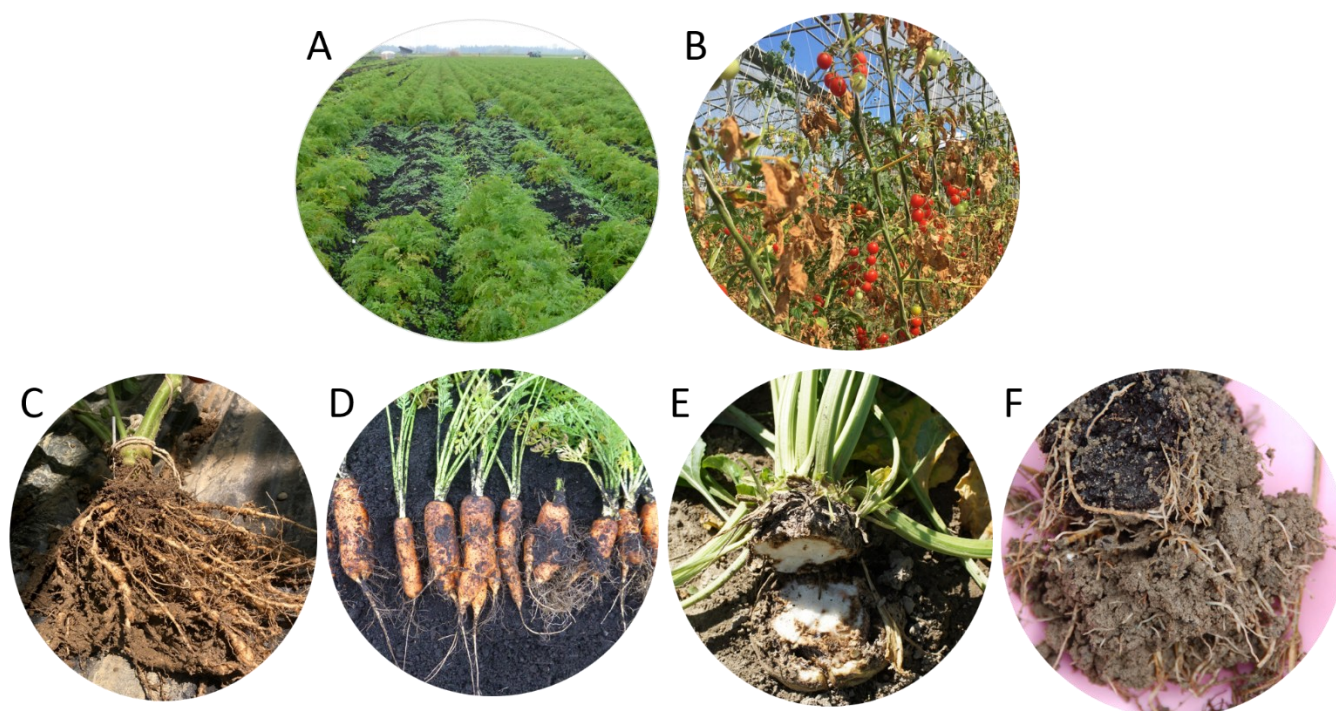
- **Retard de croissance:** les plantes atteintes présentent généralement une croissance réduite ou perturbée.
- **Jaunissement** (chlorose) et **flétrissement:** les lésions racinaires perturbent l'apport en éléments nutritifs et en eau, entraînant un jaunissement des feuilles, des signes de flétrissement et un affaiblissement général de la plante.
- **Baisse de rendement:** l'infestation peut se traduire par une diminution du rendement, avec une réduction du nombre et de la taille des fruits ou des légumes récoltés.
- **Décoloration des feuilles:** certains nématodes peuvent provoquer des décolorations non spécifiques des feuilles et des taches chlorotiques.
- **Déformations de la croissance:** *Ditylenchus* spp. et d'autres nématodes des feuilles et des tiges provoquent des épaississements, des torsions des tiges et des adhérences qui entraînent une croissance anormale des feuilles.
- **Galle des graines:** ce symptôme est caractéristique d'une infestation par *Anguina tritici*

Les dégâts causés par les nématodes se manifestent souvent sous forme de foyers au sein d'une même parcelle. Les zones touchées tendent à s'étendre d'année en année et peuvent indiquer une répartition inégale des populations de nématodes dans le sol.

### Symptômes racinaires

Les nématodes phytoparasites provoquent des symptômes racinaires qui varient selon l'espèce de nématode et peuvent causer des dégâts considérables aux cultures. La nature et la gravité des symptômes dépendent du mode de vie du nématode (endoparasite ou ectoparasite) ainsi que de la plante hôte.

- **Galles racinaires:** le symptôme le plus caractéristique d'une infestation par des nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) est la formation d'excroissances et de renflements sur les racines.
- **Lésions racinaires:** causées par les nématodes des lésions racinaires, des lésions de couleur brune à noire peuvent se former à la surface des racines, résultant de la nécrose des tissus.
- **Ramification excessive des racines:** l'endommagement des apex racinaires stimule la formation de racines latérales. Il en résulte des systèmes racinaires fortement ramifiés et souvent atrophiés, caractérisés par un développement excessif du «chevelu racinaire».



**Fig. 3: Symptômes aériens et racinaires associés aux infections par des nématodes.** (A) Rachitisme localisé par foyers dans une culture de carottes infestée par *Heterodera carotae*. (B) Flétrissement et jaunissement de plants de tomates atteints de nématodes à galles. (C) Formation de galles due à *Meloidogyne arenaria* sur les racines de tomates. (D) Carottes de petite taille, ramifiées et velues en raison d'une infestation par *Pratylenchus* spp. (E) Pourriture de la betterave sucrière infestée par *Ditylenchus dipsaci*. (F) Lésion sur les racines de fenouil provoquée par *Paratylenchus* spp. (Photos: Lutz Collet, Grangeneuve, Reinhard Eder, Tobias Stucky).

- **Systèmes racinaires atrophiés:** l'infestation peut freiner le développement racinaire, réduire la proportion de racines fines et limiter l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs.
- **Kystes:** en cas d'infestation par des nématodes à kystes (*Heterodera* spp., *Globodera* spp.), de petits kystes blancs, jaune clair à bruns, de la taille d'une tête d'épingle, peuvent être visibles à l'œil nu à la surface des racines.

### Maladies secondaires

Les nématodes phytoparasites peuvent nuire aux plantes aussi bien directement qu'indirectement. Les lésions qu'ils provoquent au niveau des racines, des tubercules ou de la base des tiges constituent autant de portes d'entrée pour des infections secondaires causées par des champignons, des bactéries et d'autres agents pathogènes du sol. Ces infections peuvent entraîner la pourriture des racines, des tubercules ou des tiges. Ainsi, les nématodes n'endommagent pas uniquement les racines, ils participent également au développement de complexes pathologiques, notamment entre nématode-champignon ou nématode-bactérie. Les nématodes à lésions racinaires (*Pratylenchus* spp.) favorisent par exemple les infections causées par différentes espèces de *Fusarium*, tandis que *Ditylenchus dipsaci* peut accentuer les phénomènes de pourriture bactérienne. L'impact néfaste réel d'une infestation par des nématodes est donc souvent amplifié par l'interaction avec d'autres organismes pathogènes.

De plus, certaines espèces de nématodes phytoparasites servent de vecteurs à des virus phytopathogènes. Des espèces des genres *Xiphinema*, *Longidorus* et *Trichodorus* sont notamment

connues pour transmettre des virus NEPO et NETO, responsables de graves maladies virales dans diverses cultures.

**Important:** L'ampleur des symptômes observés n'est pas toujours directement proportionnelle à la densité de population des nématodes. Même de faibles densités peuvent causer des dégâts considérables lorsque les conditions de croissance ne sont pas favorables. À l'inverse, dans des conditions optimales, les plantes sont parfois capables de compenser des populations de nématodes plus importantes.

Les mesures préventives permettent de limiter efficacement l'introduction, l'établissement et la dissémination des nématodes phytoparasites dans les systèmes agricoles. Une hygiène rigoureuse de l'exploitation, le choix de variétés adaptées, la stimulation de l'activité biologique du sol par des apports de matière organique ainsi que des analyses régulières des nématodes constituent les piliers d'une gestion efficace des nématodes.

### Hygiène de l'exploitation

Les nématodes phytoparasites ne peuvent se déplacer activement que sur de très courtes distances dans le sol. Leur dissémination et leur propagation sont donc en grande partie dues aux activités humaines. Le matériel agricole, les outils, les véhicules et les chaussures peuvent être contaminés par de la terre ou des matières végétales infestées et propager des nématodes phytoparasites d'une parcelle à l'autre. L'eau d'irrigation et les eaux de surface, ainsi que les mouvements de terrain, peuvent également favoriser leur propagation. Des mesures d'hygiène strictes et des précautions phytosanitaires, telles que l'utilisation de tapis désinfectants, le port de

chaussures dédiées et le nettoyage soigneux des machines de travail du sol avant et après leur utilisation, sont donc essentielles pour empêcher l'introduction et la propagation des nématodes phytoparasites.

### Utilisation de semences et de plants certifiés

Les nématodes phytoparasites sont souvent introduits dans les exploitations par le biais de matériel végétal infecté, tel que les semences, les plants, les tubercules, les boutures ou les rhizomes. L'utilisation de semences et de plants certifiés, dont l'état sanitaire a été contrôlé pour détecter la présence de nématodes phytoparasites et qui sont exempts de populations nuisibles de nématodes, réduit considérablement ce risque. Un choix ciblé de variétés résistantes ou tolérantes aux principaux groupes d'espèces de nématodes complète cette mesure et contribue à la stabilisation à long terme de la population de nématodes.

### Lutte contre les adventices

De nombreuses mauvaises herbes peuvent servir d'hôtes alternatifs aux nématodes phytoparasites et contribuer ainsi à leur maintien et à leur multiplication. Une lutte systématique contre les adventices permet donc de réduire le nombre de plantes hôtes potentielles et, à long terme, de diminuer le risque d'infestation.

### Favoriser l'activité biologique du sol grâce à l'apport de matière organique

L'apport et l'incorporation de matière organique (par exemple, engrais verts, fumier, tourteaux) peuvent contribuer à réduire les populations de nématodes phytoparasites. Un sol riche en matière organique stimule l'activité microbienne et favorise le développement d'organismes antagonistes naturels des nématodes phytoparasites, tels que les champignons nématophages et les antagonistes bactériens. De plus, la disponibilité accrue des éléments nutritifs renforce la vigueur des cultures et leur capacité à tolérer le stress induit par les nématodes, tandis que la décomposition de certaines matières organiques peut libérer des composés nématicides qui freinent le développement et la reproduction des nématodes phytoparasites. L'effet de la matière organique sur les nématodes phytoparasites dépend toutefois fortement des conditions du site, de la population initiale ainsi que de la nature des matières organiques utilisées.

### Détection des nématodes

Il est essentiel de procéder à des analyses régulières des sols agricoles afin de détecter à temps la présence de nématodes phytoparasites, de prévenir leur propagation et leur dissémination et de permettre, le cas échéant, la mise en œuvre rapide de mesures de lutte. Pour obtenir un diagnostic fiable, il est important que le prélèvement d'échantillons soit effectué correctement. Les nématodes phytoparasites étant souvent répartis de manière hétérogène dans les parcelles, des prélèvements de sol doivent être réalisés en plusieurs points, puis regroupés afin de constituer un échantillon composite représentatif. L'identification des espèces de nématodes présentes est indispensable à la mise en place de mesures de lutte et de prévention ciblées.

## Mesures de lutte contre les nématodes phytoparasites

En cas d'infestation avérée, différentes mesures de lutte intégrée peuvent être mises en œuvre pour limiter les populations de nématodes phytoparasites. Celles-ci comprennent notamment des pratiques culturales telles que la rotation des cultures et l'utilisation de variétés résistantes ou tolérantes, des méthodes physiques comme la stérilisation thermique des sols, la biofumigation ainsi que des méthodes biologiques faisant appel à des antagonistes naturels. En Suisse, en revanche, les possibilités de lutte chimique sont très limitées et sont soumises à une réglementation stricte. Par conséquent, la gestion des nématodes repose avant tout sur des mesures préventives et agronomiques. Le recours à des méthodes chimiques n'est envisageable que dans des cas exceptionnels et dans le respect de conditions spécifiques (état mai 2026).

### Rotation des cultures

Les nématodes phytoparasites peuvent survivre dans le sol ou dans les résidus végétaux et infester ainsi les cultures suivantes. L'une des mesures les plus efficaces pour réguler les populations de nématodes dans les cultures annuelles consiste à mettre en place une rotation des cultures adaptée. L'introduction ciblée de plantes non hôtes ou de variétés résistantes empêche les nématodes de se multiplier ou limite leur reproduction, ce qui entraîne un déclin de leurs populations dans le sol. La durée nécessaire pour qu'une rotation des cultures soit efficace dépend toutefois beaucoup de l'espèce de nématodes concernée ainsi que du niveau initial d'infestation.

La réduction de la population initiale de nématodes a en outre un effet positif sur les cultures sensibles, car une pression parasitaire plus faible favorise l'implantation, la croissance et le rendement des plantes. La rotation des cultures s'avère particulièrement efficace contre les espèces de nématodes présentant une gamme d'hôtes limitée, comme les nématodes à kystes de la pomme de terre (*Globodera rostochiensis* et *G. pallida*), qui peuvent être spécifiquement combattus par la culture de plantes non hôtes ou de variétés résistantes.

En revanche, avec les nématodes polyphages tels que les nématodes à galles (espèces du genre *Meloidogyne*), il est nettement plus difficile de choisir une rotation des cultures adaptée en raison de leur large spectre de plantes hôtes. Cette difficulté est encore accentuée lorsque plusieurs espèces de nématodes coexistent au sein d'une même parcelle, le spectre global des plantes hôtes pouvant alors être considérablement élargi. La planification de rotations adaptées peut dès lors s'avérer délicate, car une culture peut être résistante ou peu sensible à une espèce donnée, tout en servant d'hôte à d'autres espèces. Pour de nombreuses espèces de nématodes, le spectre complet des plantes hôtes n'est d'ailleurs pas encore clairement établi.

Pour faciliter la planification de la rotation des cultures, le réseau européen «Best4Soil» ([www.best4soil.eu](http://www.best4soil.eu)) met à disposition une base de données en ligne régulièrement actualisée, qui rassemble des données scientifiques sur les plantes hôtes et les variétés résistantes et constitue un outil d'aide à la décision dans la pratique.

## Cultures intermédiaires

La mise en place de cultures intermédiaires entre deux cultures principales, telles que les plantes non hôtes, les plantes pièges, les plantes antagonistes ou d'autres espèces utilisées pour la biofumigation (par exemple, le radis oléagineux, la moutarde blanche, l'avoine sauvage) réduit les populations de nématodes phytoparasites, prévient l'érosion des sols et favorise considérablement l'activité biologique du sol. Toutefois, l'effet des cultures intermédiaires sur les nématodes phytoparasites dépend beaucoup de l'espèce végétale choisie, de l'espèce de nématodes ainsi que de la durée d'implantation de la culture.

## Plantes-pièges

La culture de plantes pièges en tant que culture intermédiaire constitue une stratégie efficace pour lutter contre les nématodes phytoparasites sédentaires, en particulier les nématodes à galles ou les nématodes à kystes. Cette technique consiste à cultiver une plante hôte sensible avant la culture principale afin d'attirer activement les nématodes. Ceux-ci pénètrent dans les racines où ils entament leur développement. Les plantes-pièges sont ensuite détruites avant la ponte ou avant la fin du cycle de reproduction, de sorte que la population de nématodes ne puisse plus se multiplier. Le succès de cette méthode est largement tributaire du moment de la destruction des plantes et de la durée de développement des nématodes. Le moment optimal pour la destruction des plantes-pièges dépend donc de l'espèce de nématodes ainsi que de ses exigences en matière de température. Il est essentiel que les plantes soient détruites avant la ponte ou avant la fin du cycle de vie des nématodes. Si la culture intermédiaire reste en place trop longtemps ou n'est pas entièrement détruite, les nématodes risquent d'achever leur cycle de vie, ce qui entraînerait au contraire une augmentation de leur population.

Plusieurs plantes-pièges se sont révélées efficaces, notamment les crucifères (colza, moutarde et radis fourrager), les cucurbitacées (calebasse) ainsi que les légumineuses comme la vesce (variété 976).

## Plantes antagonistes

L'utilisation de plantes antagonistes à effet nématicide comme culture intermédiaire constitue une stratégie respectueuse de l'environnement pour lutter contre certaines espèces de nématodes phytoparasites. Les composés bioactifs qu'elles produisent sont libérés par les exsudats racinaires ou dans le cadre de mécanismes de défense déclenchés par la pénétration des nématodes. Parmi les plantes anti-nématodes les plus efficaces figurent les œillets d'Inde (*Tagetes patula*, *Tagetes erecta*), particulièrement actifs contre les nématodes à lésions racinaires du genre *Pratylenchus*. L'effet nématicide des tagètes repose sur la production de composés bioactifs, notamment l' $\alpha$ -terthiényne. Activés par la lumière ou par des processus enzymatiques, ces substances exercent un effet toxique après contact avec les racines ou pénétration des nématodes dans les tissus racinaires.

## Variétés résistantes

L'utilisation de variétés résistantes ou tolérantes, lorsqu'elles sont disponibles, constitue l'une des mesures les plus efficaces et les plus durables pour lutter contre les nématodes phytoparasites. Ces variétés permettent de réduire considérablement la multiplication des nématodes ainsi que les dommages qu'ils occasionnent. Les variétés résistantes empêchent notamment l'infection ou l'installation des nématodes au niveau des racines des plantes hôtes, tout en limitant leur développement et leur reproduction, ce qui entraîne une nette réduction de la densité des nématodes dans le sol. Dans des cultures telles que la tomate ou la pomme de terre, des variétés porteuses de gènes de résistance spécifiques, tels que le gène Mi chez la tomate ou le gène Gpa2 chez la pomme de terre, sont déjà disponibles et ont démontré leur efficacité. Cependant, pour de nombreuses espèces de légumes, l'offre de variétés résistantes demeure limitée, ce qui restreint pour l'instant l'application de cette stratégie. De plus, l'utilisation exclusive et durable d'une même source de résistance peut entraîner la sélection de populations de nématodes virulentes, capables de contourner cette résistance. Il est donc recommandé d'alterner les variétés résistantes avec des variétés tolérantes ou sensibles et de les associer à des mesures de rotation des cultures et à une gestion appropriée du sol, afin de garantir une protection durable.



Fig. 4: Incorporation dans le sol des plants de moutarde préalablement broyés à l'aide d'une bêcheuse (Photo: Agroscope).

## Biofumigation

La biofumigation est une méthode de lutte respectueuse de l'environnement qui tire parti des mécanismes de défense naturels de certaines plantes. Cette technique repose sur l'utilisation d'espèces végétales riches en glucosinolates. À la pleine floraison, les plantes sont finement broyées puis incorporées immédiatement dans le sol (fig. 4). Cette opération provoque la mise en contact des glucosinolates avec la myrosinase, une enzyme normalement séparée de ceux-ci dans les cellules végétales. Il en résulte la formation de composés volatils, notamment des isothiocyanates et des thiocyanates, qui ont un effet toxique sur les nématodes phytoparasites ainsi que sur d'autres agents pathogènes présents dans le sol. L'utilisation de certaines variétés de moutarde, de colza ou de radis fourrager de la famille des crucifères est notamment très répandue. Afin de limiter la

dispersion des gaz volatils, le sol peut être recouvert d'un film plastique étanche. L'élévation de la température du sol qui en résulte, par effet de solarisation, peut renforcer encore davantage l'action nématicide. Certaines espèces de cultures intermédiaires, notamment certaines variétés de radis fourrager ou de moutarde, peuvent, selon la variété utilisée et l'espèce de nématodes concernée, contribuer aussi bien à la biofumigation qu'à la réduction directe des nématodes phytoparasites.

### Jachère nue

Les nématodes phytoparasites sont des organismes biotrophes, ils dépendent d'une plante hôte pour leur développement. La jachère nue consiste à laisser délibérément une parcelle agricole sans culture pendant une période déterminée afin de priver les nématodes de leur source de nourriture et donc de les affamer. Cette mesure est particulièrement utile contre les espèces présentant un large spectre d'hôtes. Son efficacité dépend donc de l'espèce de nématode, de la durée de la jachère ainsi que de la maîtrise rigoureuse des adventices. Pour réduire efficacement la population de *Meloidogyne hapla*, la jachère nue doit être mise en place pendant au moins un an, les mauvaises herbes devant être éliminées de manière systématique et à intervalles réguliers.

La jachère nue est particulièrement efficace lorsqu'elle est pratiquée pendant la période chaude de l'année. Les températures plus élevées favorisent l'activité biologique d'éventuels antagonistes et accélèrent le métabolisme des nématodes, qui puisent alors plus rapidement dans leurs réserves énergétiques. Un inconvénient majeur de cette pratique est le lessivage des éléments nutritifs ainsi qu'un risque accru d'érosion.

En cas d'infestation par des nématodes dans les cultures sous serre, une alternative consiste à installer un système hors-sol, dans lequel le sol est recouvert d'un film plastique, ce qui permet de poursuivre la culture sans contact avec le sol (fig. 5).

### Période de semis

Le développement des nématodes phytoparasites dépend beaucoup de la température. Un cycle de vie complet ne peut s'accomplir qu'à partir d'une température minimale propre à chaque espèce et après avoir atteint une somme de températures déterminée, nécessaire notamment à l'éclosion des œufs. En revanche, lorsque la température du sol est basse, les nématodes restent inactifs ou leur activité est fortement réduite.

Une mise en place précoce des cultures en plein champ, lorsque les températures extérieures sont encore relativement basses, peut donc contribuer à limiter les dégâts causés par les nématodes. En s'établissant plus tôt et en se développant rapidement, les jeunes plantes acquièrent une meilleure tolérance aux infestations de nématodes. Par ailleurs, la durée plus courte de la période de végétation réduit le temps dont les nématodes disposent pour achever leur cycle de vie.

Certaines cultures, telles que les pommes de terre primeur et les betteraves sucrières, se prêtent particulièrement bien à une mise en culture précoce et peuvent ainsi contribuer à réduire le risque d'infestation.



Fig. 5: Culture de tomates sous serre en système hors-sol chez Agroscope.

Les antagonistes naturels, tels que les champignons et les bactéries, sont capables de réguler les nématodes phytoparasites présents dans le sol. L'efficacité de ces agents de lutte biologique en plein champ dépend toutefois beaucoup de facteurs environnementaux tels que la température et l'humidité du sol ainsi que de la composition du microbiome du sol. Par conséquent, les effets obtenus en conditions réelles peuvent varier considérablement d'un site à l'autre et d'une année à l'autre. Parmi les principaux antagonistes fongiques figurent des espèces des genres *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Dactylella* et *Monacrosporium* ainsi que des champignons parasites des œufs tels que *Purpureocillium lilacinum* et *Pochonia chlamydosporia*.

Le produit biologique BioAct WG (Andermatt Biocontrol), homologué en Suisse, est à base de spores de *Purpureocillium lilacinum*, un champignon qui cible principalement les œufs des nématodes phytoparasites. Les antagonistes bactériens, en particulier certaines espèces des genres *Bacillus* et *Pasteuria*, agissent contre les nématodes en produisant des métabolites nématicides ainsi qu'en parasitant directement ces derniers ou en inhibant leur développement. Ces mécanismes contribuent à réduire la population de nématodes dans le sol.

L'une des espèces les mieux étudiées est *Pasteuria penetrans*, qui peut parasiter directement les espèces *Meloidogyne*. Les spores se fixent à la cuticule des nématodes, pénètrent dans leur organisme et y poursuivent leur développement. Ce mode d'action permet, à terme, une maîtrise durable des populations de nématodes.

## Traitement à la vapeur

Cette méthode de lutte efficace consiste à injecter de la vapeur d'eau dans le sol, en visant une température comprise entre 50 °C et 80 °C. À ces températures, les nématodes sont neutralisés, tout comme plusieurs espèces de bactéries, graines de mauvaises herbes et insectes. Un inconvénient majeur de cette technique réside dans le fait que la chaleur élimine non seulement les organismes cibles, mais aussi les micro-organismes utiles, et qu'elle peut perturber durablement les communautés microbiennes et les processus de transformation de l'azote dans le sol. Les bactéries nitrifiantes, en particulier, peuvent être affectées pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois. Un autre inconvénient de la désinfection thermique du sol est que les températures élevées peuvent libérer des substances phytotoxiques. La minéralisation provoquée par la chaleur entraîne notamment une augmentation des teneurs tant en azote ammoniacal qu'en manganèse échangeable et peut conduire à une accumulation de sels solubles ainsi que de nitrites, susceptibles de nuire à la croissance des plantes. De plus, ce procédé nécessite une main-d'œuvre et une consommation d'énergie importantes et engendre souvent des coûts considérables par rapport à d'autres méthodes de désinfection des sols.

## Contrôle chimique

Le recours aux nématicides chimiques comporte des risques considérables pour l'homme et l'environnement, ce qui explique les restrictions croissantes imposées à leur utilisation. En Suisse, le Basamid est actuellement le seul nématicide chimique homologué. Son utilisation est soumise à des conditions strictes pour le traitement des surfaces et des substrats dans les cultures maraîchères. Commercialisé sous forme de granulés, ce nématicide ne peut être appliqué que tous les trois ans sur une même parcelle. Sa substance active, le dazomète (DMTT) présente, outre son effet nématicide, des propriétés fongicides et herbicides, ce qui lui confère un large spectre d'action qui affecte aussi les organismes utiles. Les exigences élevées en matière de protection des utilisateurs, de compatibilité environnementale et de rentabilité économique ont relégué la lutte chimique contre les nématodes phytoparasites à un rôle secondaire aujourd'hui en Suisse.

## Gestion intégrée

La gestion intégrée des nématodes phytoparasites repose sur une approche globale combinant différentes méthodes de lutte, les mesures prises isolément n'ayant généralement qu'un effet limité. L'objectif n'est pas d'éliminer totalement les nématodes, mais de maintenir leurs populations en dessous du seuil de nuisibilité économique, afin de minimiser les pertes de rendement tout en limitant les impacts sur l'environnement. Pour ce faire, les conditions spécifiques au site et aux espèces sont prises en compte, en adaptant de manière ciblée les stratégies aux espèces de nématodes concernés, à la rotation des cultures, au type de sol ainsi qu'aux différentes pratiques culturales. Grâce à cette approche intégrative et adaptative, la gestion contribue de manière significative à la stabilité à long terme des écosystèmes agricoles.

## Impressum

|                              |                                                                                                                          |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Éditeur                      | Agroscope<br>Rte de la Tioleyre 4, Postfach 64<br>1725 Posieux<br><a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a> |
| Renseignements               | Paul Dahlin, <a href="mailto:paul.dahlin@agroscope.admin.ch">paul.dahlin@agroscope.admin.ch</a>                          |
| Traduction                   | Service linguistique                                                                                                     |
| Photos                       | Agroscope                                                                                                                |
| Informations complémentaires | <a href="http://nematologie.agroscope.ch">nematologie.agroscope.ch</a>                                                   |
| Copyright                    | © Agroscope 2026                                                                                                         |

### Exclusion de responsabilité

Agroscope décline toute responsabilité en lien avec la mise en œuvre des informations mentionnées ici. La jurisprudence suisse actuelle est applicable.