



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mme (elle) **ZOUBI Btissam**
Soutiendra : **le Samedi 20/04/2024 à 10H00**
Lieu : **FSDM – Département de Géologie**

Une thèse intitulée :

**Nématodes phytoparasites des agrumes au Maroc : identification,
distribution et lutte biologique contre *tylenchulus semipenetrans***

En vue d'obtenir le Doctorat

*FD : Molécules Bioactives, Santé et Biotechnologie
Spécialité : Nématologie, Microbiologie et Biologie Moléculaire*

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr EL HASSOUNI Mohammed	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
Pr BENAMAR Saad	Ecole Normale Supérieure, Fès	PES	Rapporteur
Pr TAHIRI Abdessalem	Ecole Nationale d'Agriculture, Meknès	PES	Rapporteur
Pr BELHAJ Abdelhaq	Faculté des Sciences, Meknès	PES	Rapporteur
Pr MOKRINI Fouad	Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat	Dir.Recherche et expert en Nématologie	Examineur
Pr LAHLALI Rachid	Ecole Nationale d'Agriculture, Meknès	PH	Examineur
Pr BENDRISS AMRAOUI Mohammed	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Examineur
Pr IRAQI HOUSSEINI Abdel ilah	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse
Pr QADDOURY Ahmed	Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech	PES	Co-directeur de thèse



Résumé :

La filière des agrumes, dont les exportations s'élèvent à 480 millions de dollars, est un secteur stratégique pour l'équilibre de la balance commerciale marocaine. Cependant, depuis quelques années, ce secteur est confronté à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques limitant sérieusement son potentiel de production. Parmi ces contraintes, les plus menaçants sont les nématodes phytoparasites (NPP) qui peuvent causer des pertes de rendement de 10 à 30%. La gestion des NPP s'appuie largement sur l'utilisation des nématicides chimiques, dangereux pour l'homme et l'environnement. Leur action éphémère et leur impact sur les coûts de production rendent nécessaire la recherche d'alternatives durables. L'objectif principal de cette thèse est de développer des méthodes de lutte biologique contre les NPP en particulier *Tylenchulus semipenetrans*. Cet objectif se décline en deux sous-objectifs. Le 1^{er} consiste à étudier la répartition géographique des NPP dans les cinq principales régions agrumicoles nationales, et leur dynamique en fonction des saisons et des conditions agronomiques. Le 2^{ème} sous-objectif porte sur la recherche d'outils biologiques pour lutter contre le nématode *T. semipenetrans*. Il s'agit de : 1) sélectionner les porte-greffes résistants à ce nématode, 2) explorer le potentiel nématicide du microbiome rhizosphérique (bactéries, champignons, CMA) des agrumes, et 3) évaluer la toxicité de certaines plantes aromatiques et médicinales contre *T. semipenetrans*.

Onze genres et dix espèces de NPP ont été recensés dans les matrices du sol et racines des agrumes dont *Tylenchulus semipenetrans* (100%), *Helicotylenchus* spp. (62,5%) et *Pratylenchus* spp. (66,7%) sont les plus prévalent. La diversité des NPP est plus importante au niveau des régions de Marrakech-Safi, Beni Mellal-Khenifra et Gharb qu'au niveau de Berkane et Souss-Massa. Les NPP sont plus abondants au printemps au niveau du domaine Graoua, suivi par le domaine Benkebboura et d'Arsat Moulay Abdeslam. *T. semipenetrans*, *Helicotylenchus* spp. et *Xiphinema* spp. ont été rencontrés pendant toutes les saisons et dans les trois sites. *T. semipenetrans* a été le plus prévalent, en particulier au printemps. Une corrélation étroite a été relevée entre la dynamique des NPP, les saisons et les propriétés du sol. Le *Citrange carrizo* a montré une forte résistance à l'infestation et à la reproduction de *T. semipenetrans*, tandis que le *Citrange troyer*, le *Citrange C-35* et le *Citrus macrophylla* ont présenté une tolérance modérée. En revanche, le Bigaradier, le Bigaradier Australian et le *Citrus volkameriana* se sont avérés être les plus sensibles à ce nématode. La caractérisation microbiologique du sol rhizosphériques et des racines des agrumes a permis d'isoler une centaine de micro-organismes parmi lesquels, 10 antagonistes (5 bactéries, 3 champignons et 2 CMA) ont été sélectionnés grâce à leurs pouvoirs nématicides contre *T. semipenetrans* : *V. paradoxus* (OQ651063), *B. pseudomycoïdes* (OQ652044), *B. simplex* (OQ651985), *B. cereus* (OQ651999), *P. spelunca* (OQ652010), *P. lilacinus*, *A. ustus* (OR250163), *A. terreus* (OR250916), *F. mosseae*, et *R. irregularis*. En outre, parmi les sept espèces de plantes aromatiques et médicinales testées, *R. officinalis* et *T. vulgaris* ont montré l'efficacité nématicide la plus importante avec une forte toxicité contre *T. semipenetrans*. Ces outils biotechnologiques pourraient servir à l'élaboration de nouveaux bionématicides efficaces contre ce nématode, tout en stimulant la croissance des agrumes.

Mots clés :

Agrumes ; *T. semipenetrans* ; lutte biologique ; biologie moléculaire ; microorganismes ; nématodes phytoparasites ; molécules bioactives ; activité nématicide.



PHYTOPARASITIC NEMATODES OF CITRUS IN MOROCCO: IDENTIFICATION, DISTRIBUTION AND BIOLOGICAL CONTROL AGAINST *TYLENCHULUS SEMIOPENETRANS*

Abstract :

The citrus industry, with exports amounting to \$480 million, is a strategic sector for the balance of Morocco's trade. However, in recent years, this sector has faced several biotic and abiotic constraints seriously limiting its production potential. Among these constraints, the most threatening are the plant-parasitic nematodes (PPN) which can cause yield losses of 10 to 30%. The management of PPN relies heavily on the use of chemical nematicides, which are dangerous for humans and the environment. Their ephemeral action and their impact on production costs make it necessary to search for sustainable alternatives. The main objective of this thesis is to develop biological control methods against PPN, particularly *Tylenchulus semipenetrans*. This objective is divided into two sub-objectives. The first is to study the geographical distribution of PPN in the five main national citrus regions, and their dynamics according to seasons and agronomic conditions. The second sub-objective focuses on the search for biological tools to fight against the nematode *T. semipenetrans*. This involves: 1) selecting rootstocks resistant to this nematode, 2) exploring the nematicidal potential of the rhizospheric microbiome (bacteria, fungi, AMF) of citrus, and 3) evaluating the toxicity of certain aromatic and medicinal plants against *T. semipenetrans*.

Eleven genera and ten species of PPN have been recorded in the soil and root matrices of citrus, including *Tylenchulus semipenetrans* (100%), *Helicotylenchus* spp. (62.5%) and *Pratylenchus* spp. (66.7%) are the most prevalent. The diversity of PPN is more important in the regions of Marrakech-Safi, Beni Mellal-Khenifra and Gharb than in Berkane and Souss-Massa. The PPN are more abundant in spring at the Graoua domain, followed by the Benkebboura domain and the Arsate Moulay Abdeslam domain. *T. semipenetrans*, *Helicotylenchus* spp. and *Xiphinema* spp. were encountered in the three sites and during all seasons. *T. semipenetrans* was the most prevalent, especially in spring. A close correlation was noted between the dynamics of PPN, soil properties and seasons. The *Carrizo citrange* showed strong resistance to infestation and reproduction of *T. semipenetrans*, while the *Troyer citrange*, the *C-35 citrange* and the *Citrus macrophylla* showed moderate tolerance. On the other hand, the Bitter orange, the Australian Bitter orange and the *Citrus volkameriana* proved to be the most sensitive to this nematode. The microbiological characterization of the rhizospheric soil and roots of citrus has allowed the isolation of a hundred microorganisms among which, 10 antagonists (5 bacteria, 3 fungi and 2 AMF) have been selected thanks to their nematicidal powers against *T. semipenetrans*: *V. paradoxus* (OQ651063), *B. pseudomycooides* (OQ652044), *B. simplex* (OQ651985), *B. cereus* (OQ651999), *P. speluncae* (OQ652010), *P. lilacinus*, *A. ustus* (OR250163), *A. terreus* (OR250916), *F. mosseae*, and *R. irregularis*. In addition, among the seven species of aromatic and medicinal plants tested, *R. officinalis* and *T. vulgaris* showed the most important nematicidal efficacy with a strong toxicity against *T. semipenetrans*. These biotechnological tools could be used to develop new bionematicides that are effective against this nematode, while also stimulating the growth of citrus plants.

Key words: Citrus; *T. semipenetrans*; biological control; molecular biology; microorganisms; plant-parasitic nematodes; bioactive molecules; nematicidal activity.