



Philippe Tixier,
Frédéric Salmon,
Jean-Michel Risède,
Christian Chabrier,
Christiane Bastol,
Serge Marie-Luce,
Jules Hubervic,
Patrick Quénéhervé

Prévoir la dynamique des populations des nématodes phytoparasites : apports de la modélisation

Comprendre la dynamique des populations des bioagresseurs des cultures est nécessaire à la mise en place de leur gestion. A l'échelle de la parcelle, la dynamique des populations de bioagresseurs comprend généralement i) une phase de constitution d'inoculum primaire, d'origine endogène ou exogène à la parcelle qu'il convient de retarder au maximum, puis ii) une phase de croissance des populations en interaction avec différents facteurs biotiques et abiotiques, et enfin iii) une phase d'équilibre des populations durant laquelle les phénomènes de compétitions intra et interspécifiques jouent un rôle majeur.

Les pratiques culturales influent sur les différentes phases de la dynamique des populations de bioagresseurs. Les jachères, les rotations culturales, la sélection du matériel de plantation ou l'isolement des parcelles sont des pratiques de prophylaxie primaire, c'est-à-dire visant à empêcher ou à retarder la contamination des parcelles et à en diminuer l'inoculum primaire. Ensuite en cours de culture, la gestion des plantes hôtes présentes sur la parcelle, la création de conditions néfastes pour les bioagresseurs ou l'application de biopesticides sont des pratiques de prophylaxie secondaire, c'est-à-dire visant à diminuer les populations de bioagresseurs déjà présents dans les parcelles.

Les outils de modélisation permettent d'appréhender les différentes phases de cette dynamique des populations et de prévoir leur évolution en fonction des conditions de milieu et des pratiques culturales appliquées. Pour pouvoir reproduire et prédire ces dynamiques, les modèles de simulation se basent sur des équations correspondant aux mécanismes de croissance des populations, d'utilisation des ressources, de compétition intra et interspécifiques, et d'effets de l'environnement et des pratiques sur ces mécanismes. Ces modèles de simulation utilisent des données mesurées en conditions contrôlées ou en milieu réel afin de paramétrer ces équations. Ils sont généralement validés sur de nombreuses données afin de vérifier leurs capacités prédictives.

Dans le cas des systèmes de culture à base de bananiers, les nématodes phytoparasites sont des bioagresseurs qui provoquent des dégâts importants au niveau du système racinaire en détour-

nant des nutriments, en détruisant des cellules des racines, ce qui peut entraîner une chute des bananiers par déficit d'ancrage. Plusieurs espèces de nématodes phytoparasites sont susceptibles de parasiter les bananiers, avec différents niveaux de pathogénie et avec différents niveaux de spécificité pour leur hôte. Les nématodes phytoparasites ont des dynamiques des populations qui s'expliquent par l'importance de l'inoculum primaire des parcelles, par la ressource disponible en racines de la plante hôte et des autres plantes sensibles dans le système de culture, par l'incidence des facteurs de sol et de climat, et par les effets des pratiques culturales.

Les modèles de simulation nous aident à mieux comprendre comment les pratiques culturales agissent sur l'évolution des populations de nématodes phytoparasites. Ils nous permettent de prédire si ces pratiques pourront agir sur l'abondance des nématodes phytoparasites les plus dommageables pour les bananiers, et sur la dynamique de leur population. Enfin, les modèles de simulation nous permettent d'évaluer comment les équilibres entre espèces s'installent sur le long terme, et quel cortège d'espèces de nématodes phytoparasites est susceptible de s'établir quand de nouvelles pratiques culturales sont utilisées, comme par exemple l'utilisation de nouvelles variétés de bananiers.

La dynamique des nématodes dans les rotations culturales Canne à sucre - Bananier

Les rotations culturales des bananiers avec d'autres cultures comme la canne à sucre ou l'ananas ainsi qu'avec des jachères entretenues ont permis, couplées à l'utilisation de matériel de plantation sain (vitroplants) de réduire considérablement les quantités de nématicides utilisés aux Antilles françaises. Ce concept de plantation de matériel sain sur un sol assaini s'est montré particulièrement efficace pour lutter contre l'espèce *Radopholus similis*. Cependant, les rotations culturales peuvent défavoriser une espèce de nématodes phytoparasites, au profit d'une autre. Ainsi, dans certains cas de rotations du bananier avec la canne à sucre, l'espèce *Pratylenchus coffeae* peut être présente au moment de la replantation des bananiers. Nous avons utilisé le modèle de simulation SIMBA-NEM [1] afin de mieux comprendre comment les équilibres entre *R. similis* et *P. coffeae* s'établissent et

savoir quelle espèce de nématode domine sur le long terme.

La **figure 1** présente des mesures d'abondance des populations de *R. similis* et de *P. coffeae* dans une parcelle de bananiers après trois années de rotation avec de la canne à sucre, et les simulations correspondantes réalisées avec le modèle SIMBA-NEM. Cet exemple nous montre que le modèle est capable de prédire avec une assez bonne précision les dynamiques de ces deux espèces de nématodes phytoparasites. Des simulations, réalisées sur le long terme, nous montrent que, malgré un inoculum initial très bas, l'espèce *R. similis* arrive à dominer après plusieurs années de culture de bananiers, ce qui montre qu'elle est un excellent compétiteur. Cependant, l'espèce *P. coffeae* a une dynamique de croissance relativement importante lorsque *R. similis* est pratiquement absent. Cela suggère qu'en l'absence totale de *R. similis*, *P. coffeae* pourrait devenir l'espèce dominante et pourrait entraîner des dégâts, même si cette espèce est moins néfaste que *R. similis* sur les bananiers du sous-groupe Cavendish. Une telle tendance est également observée dans d'autres parties du monde [2].

Prédire les équilibres des populations de nématodes pour de nouvelles variétés de bananiers

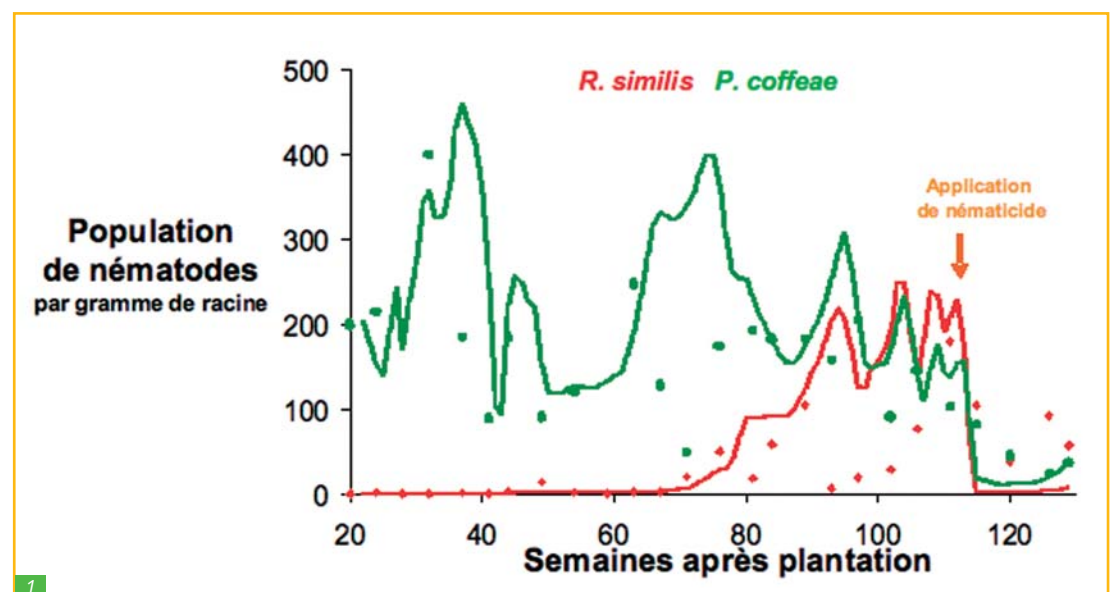
L'utilisation de variétés résistantes ou tolérantes aux bioagresseurs représente une des voies privilégiées pour diminuer l'utilisation des pesticides. Dans le cas des bananiers, le CIRAD développe un programme de sélection de nouvelles variétés issues de croisements conventionnels entre variétés sauvages [3]. Ces variétés de bananiers ont des niveaux de tolérance aux dif-

férentes espèces de nématodes phytoparasites très variées. Les dommages dus aux nématodes phytoparasites sont cumulatifs et s'expriment souvent plus clairement après plusieurs cycles de culture. Prévoir si une nouvelle variété de bananier va héberger puis multiplier une communauté de nématodes phytoparasites pouvant engendrer des dégâts d'importance commerciale peut nécessiter des expérimentations sur le long terme. Ici, nous avons utilisé le modèle SIMBA-NEM afin d'extrapoler les dynamiques de nématodes phytoparasites sur une nouvelle variété à partir de mesures réalisées sur les phases précoces de test de cette nouvelles variété (6 à 9 mois). La variété étudiée ici est la FB920. Nous avons montré par simulation, que quel que soit l'inoculum initial en nématodes, l'espèce *Helicotylenchus multicinctus* devrait dominer *R. similis* sur le long terme pour cette nouvelle variété (**Figure 2**). Compte tenu du niveau moins élevé de pathogénie de *H. multicinctus* comparé à *R. similis*, la variété de bananier FB920 ne devrait pas subir des dégâts aussi importants que ceux que provoquent les nématodes phytoparasites sur bananiers Cavendish.

Conclusion

Les outils de simulation permettent de généraliser certains résultats et de prédire l'évolution de systèmes complexes. Dans le cas de la simulation de la dynamique des populations des nématodes phytoparasites des bananiers, les approches réalisées ont permis de formaliser les savoirs existants des nématologistes et d'obtenir des outils prédictifs permettant de raisonner les pratiques culturales et de contribuer à la sélection de nouvelles variétés. Les recherches en

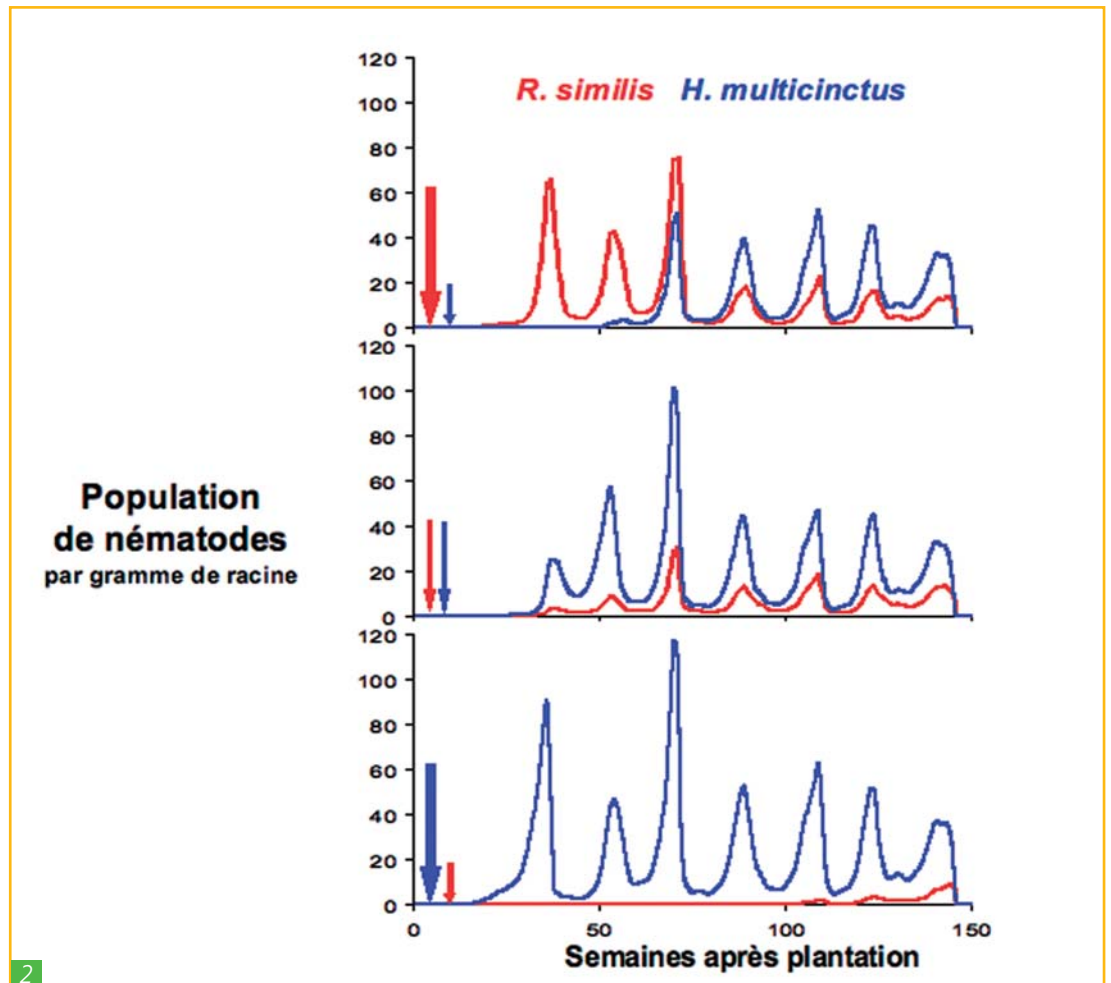
Figure 1. Mesures (points) et simulation (lignes continues) avec le modèle SIMBA-NEM des populations des nématodes *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* dans une bananeraie après canne à sucre.



1



Figure 2. Simulation avec le modèle SIMBA-NEM des populations des nématodes *Radopholus similis* et *Helycotylenchus multicinctus* dans une bananeraie intégrant la variété de bananier Flhorban 920. La taille des flèches correspond à la taille de l'inoculum initial de *R. similis* (en rouge) et *P. coffeae* (en bleu).



cours visent à comprendre comment les communautés de nématodes phytophages, détritivores et prédateurs s'organisent. Cette composante multitrophique devra également être prise en compte dans les outils de modéli-

sation pour optimiser ces régulations biologiques. À terme, ces recherches peuvent permettre la mise au point de méthodes de contrôle biologique des nématodes phytoparasites.