

DESCRIPTION DE L'INDICATEUR

La nématofaune est la communauté des nématodes libres et phytophages vivants du sol. Les nématodes du sol sont des vers microscopiques (de l'ordre d'1 millimètre de longueur).

Rôle écologique de ces organismes : De nombreuses caractéristiques de ces organismes, en font de bons bioindicateurs :

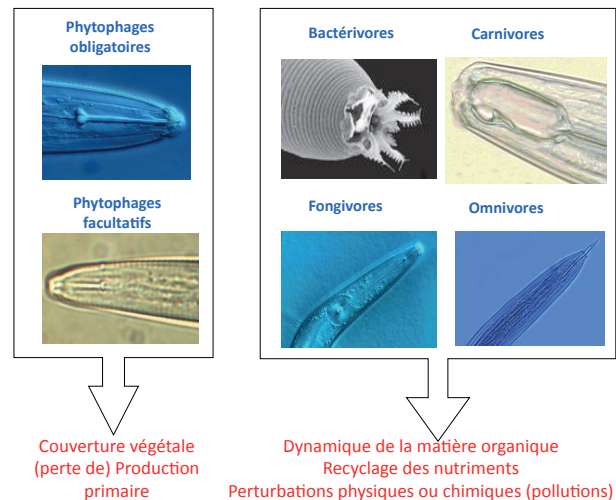
- ils sont ubiquistes : présents dans tous les milieux, sous tous les climats, à toutes les latitudes ;
- ils sont abondants : dans un sol ordinaire on trouve de l'ordre de 1 million de nématodes par m² ;
- ils présentent une grande diversité taxonomique et fonctionnelle (différents comportements alimentaires, des capacités très variables à coloniser le milieu) pouvant être synthétisée par l'identification des 70 familles majeures ;
- ils ont un rôle clé dans la chaîne trophique, en particulier, rôle de régulateurs des micro-organismes ;
- ils sont sensibles aux conditions du milieu et aux perturbations physiques ou chimiques.

D'un point de vue fonctionnel, les nématodes peuvent être distingués selon leur comportement alimentaire dans le sol. Chacun des groupes trophiques reflète une des fonctionnalités du sol :

- les nématodes phytophages (obligatoires ou facultatifs) renseignent sur la nature et l'état de la couverture végétale et, éventuellement, le risque de perte de rendement ;

- les nématodes microvivores (bactérovores et fongivores) renseignent sur le compartiment microbien, la dynamique de la matière organique et le recyclage des nutriments ;
- les nématodes de niveaux trophiques supérieurs (omnivores et carnivores) reflètent les perturbations physiques ou chimiques du milieu.

Type d'indicateur : Bioindicateurs d'effets et d'impacts



DESCRIPTION DE LA METHODE

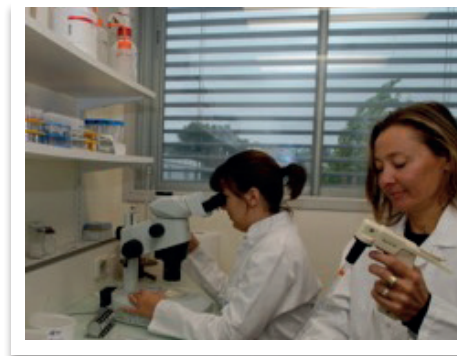
Norme décrivant les méthodes : les méthodes sont normalisées : NF EN ISO 23611-4 oct 2011¹

Plan et méthode d'échantillonnage : L'analyse nématologique est réalisée à partir d'échantillons composites de sol de 300 à 500g. Le prélèvement de sol est simple (carottages dans la strate 0-15 cm du sol) et peut être réalisé par les gestionnaires de site. L'échantillonnage peut se faire toute l'année ; le printemps et l'automne sont cependant les périodes les plus favorables.

Stockage et pré-traitement des échantillons : L'analyse requière de faire appel à un laboratoire spécialisé, auquel les échantillons de sol sont à envoyer immédiatement après le prélèvement. En effet, les échantillons doivent être traités dans les 15 jours qui suivent leur prélèvement car l'analyse nécessite que les nématodes soient vivants.

Description simplifiée de la méthode de mesure : Au laboratoire, les nématodes sont extraits des échantillons de sol par élutriation (séparation des nématodes des autres particules du sol par densité dans un flux d'eau) suivi

d'un passage actif sur filtre de ouate. Les nématodes sont ensuite dénombrés sous loupe binoculaire. Après fixation, ils sont identifiés (familles ou/ou genres) par microscopie optique selon la norme. Ce travail sert à obtenir un tableau d'abondance des différents taxons de nématodes servant de base pour le diagnostic.



Travail au laboratoire sur des échantillons de sol : étape de détermination de l'abondance par comptage sous loupe binoculaire

¹ NORME NF EN ISO 23611-4 oct 2011. Qualité du sol - Prélèvement des invertébrés du sol - Partie 4: Prélèvement, extraction et identification des nématodes du sol.

Paramètres mesurés : Sur la base de la composition et de l'abondance de la nématofaune du sol, des indices sont calculés :

- SI : Indice de Structure qui reflète la stabilité du milieu, plus il est élevé moins le milieu est perturbé. Il est fonction de l'abondance relative de plusieurs familles (les bactérivores, les fongivores, les omnivores et les prédateurs) ;
- EI : Indice d'Enrichissement qui donne une indication sur la dynamique des éléments nutritifs. Cet indice est particulièrement utile dans les agro-systèmes. L'EI aug-

mente avec la disponibilité en nutriments, et en particulier l'azote.

- Trois autres indices, le MI (Indice de Maturité), le PPI (Indice des nématodes PhytoPhages) et le IVD (Indice des Voies de Décomposition de la matière organique) sont également utilisés pour déterminer l'effet de différentes perturbations / stress / pratiques sur le sol.

Chaque sol est donc caractérisé par les abondances des différents groupes fonctionnels de nématodes et par des indices nématofauniques.

INTERPRETATION DES RESULTATS

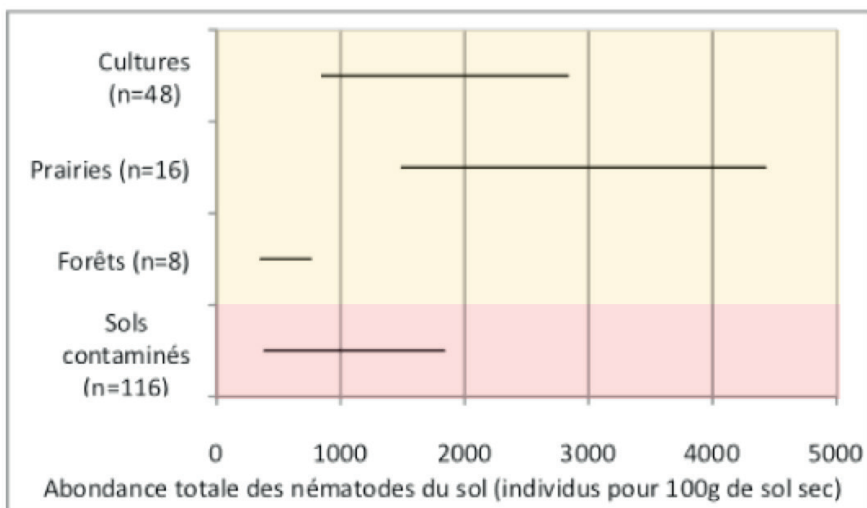


Figure 1 :
Gamme de variation de l'abondance totale des nématodes sur les sites du programme Bioindicateur2

Utilisation d'un référentiel global : Une analyse de la nématofaune du sol peut être utilisée seule pour caractériser le fonctionnement biologique du sol sur un site en utilisant un référentiel issu d'études antérieures (référentiel ELIPTO©) et implémenté en continu par les résultats de nouvelles études.

Utilisation d'un référentiel local : Ces études de bio-indication atteignent leur plein potentiel lorsque l'interprétation des données peut se faire par rapport à une situation de référence choisie sur le site étudié. De façon plus générale, deux types d'études sont possibles

(1) études synchroniques : différentes modalités sont comparées simultanément dans un même contexte pédo-climatique , (2) : étude diachronique : une situation est étudiée à plusieurs dates successives pour évaluer son évolution. En effet, la nature du sol, le climat ainsi que la végétation sont des déterminants majeurs des communautés biologiques, c'est pourquoi, il est souhaitable de réduire le nombre de facteurs qui varient simultanément pour pouvoir interpréter précisément les résultats des analyses. Pour les sites contaminés, l'analyse d'une situation témoin non contaminée est préférable pour servir de situation de référence.

EXEMPLES D'APPLICATION

Application à une problématique de terrain contaminé : Site de METALEUROP

L'étude a été conduite dans la zone de contamination d'une ancienne usine métallurgique dont les retombées de poussières ont engendré une contamination essentiellement pluri-métallique des sols sur plusieurs kilomètres alentours.

Afin de tester la sensibilité de la nématofaune du sol, au regard du niveau de contamination, la zone d'étude a été divisée en 4 sous-zones correspondant chacune à un bois (plantations plurispécifiques) (1) fortement contaminé (principaux polluants : [Pb]= 2 500 ppm - [Cd]= 35 ppm), (2) moyennement contaminé ([Pb]= 725 ppm

- [Cd]= 13 ppm), (3) faiblement contaminé ([Pb]= 325 ppm - [Cd]= 5 ppm) et (4) témoin ([Pb]= 50 ppm - [Cd]= 1 ppm).

Comme l'illustre la figure 2, l'analyse de l'abondance des trois grands types de nématodes du sol montre que :

- l'abondance de tous les types de nématodes diminue de manière graduelle lorsque la concentration augmente
- les nématodes omnivores et carnivores, qui sont des organismes connus pour leur sensibilité aux polluants, sont présents à des densités très faibles pour les trois sites contaminés par rapport au site témoin.

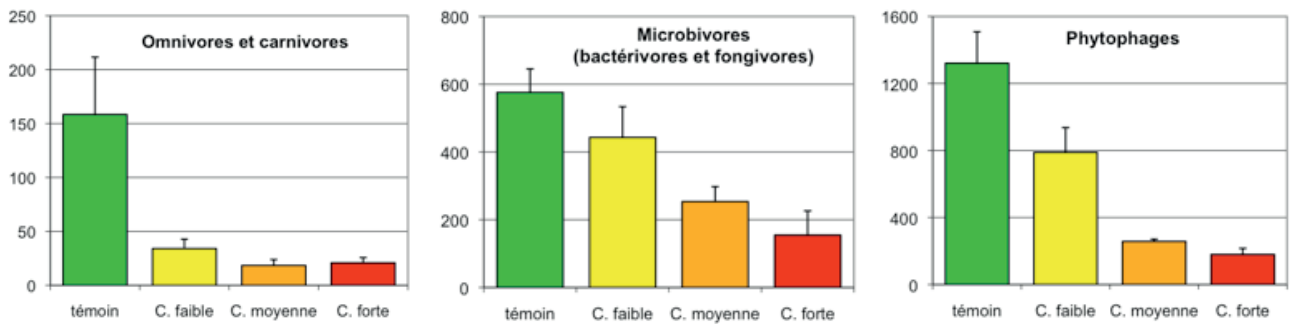


Figure 2 : Abondance (individus pour 100g de sol sec) des trois grands types de nématodes du sol

L'Indice de Structure (SI) permet de distinguer le bois témoin des bois contaminés (figure 3). En effet, le SI est plus élevé pour le bois témoin que les bois contaminés. Cet indice, calculé en tenant compte de l'abondance rela-

tive des différentes guildes fonctionnelles de nématodes, indique que le bois témoin présente une communauté de nématodes plus complexe où des taxons fragiles sont présents.

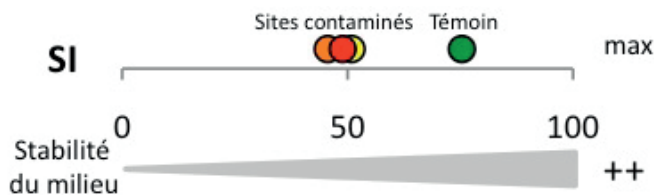


Figure 3 : Indice de Structure (SI)

BILAN DE L'ÉTUDE DE CAS « SITE CONTAMINÉ » :

L'indicateur « Nématofaune » est pertinent pour l'évaluation de l'état du sol dans le contexte des terrains contaminés : l'analyse simultanée de l'abondance des différents groupes de nématodes et du SI permet de mettre en évidence une dégradation de l'état biologique du sol lorsque la contamination métallique augmente ; cette dégradation est graduelle seulement pour certains paramètres.

Application à une problématique agricole : Site de GOTHERON

Le dispositif agricole étudié est un verger de pommiers de la vallée du Rhône (station INRA) cultivé depuis 5 ans selon trois modes de conduite : RAISONNEE

(R : agriculture raisonnée + fertilisation minérale), BIOLOGIQUE (B : produits phytosanitaires biologiques + amendement organique) et ECONOMIE (E : faibles intrants phytosanitaires + fertilisation minérale). De plus, deux variétés sont présentes sur l'essai : la variété Smoothie qui est sensible à la Tavelure (maladie importante des pommiers) et la variété Ariane, beaucoup moins sensible; la variété Smoothie nécessite plus de traitements phytosanitaires pour garantir une production de qualité.

L'Indice d'Enrichissement (EI) montre qu'en conduite RAISONNEE, plus d'éléments nutritifs sont disponibles dans le sol qu'avec les deux autres conduites. L'Indice de Structure (SI) indique que la conduite ECONOMIE permet le développement d'une micro chaîne trophique plus complexe et longue (sol plus stable) que les 2 autres conduites (figure 3).



Figure 4 : Indice d'Enrichissement (EI) et Indice de Structure (SI)

La variété de pommier Smoothie, et la conduite des vergers qui y est associée, induit plus de nématodes phytoparasites et moins de nématodes libres (sauf en conduite raisonnée) que la variété Ariane comme l'illustre la figure 5. L'utilisation accrue de pesticides, avec la variété Smoothie qui est

sensible à la tavelure, a donc des répercussions négatives mesurables sur la vie du sol : réduction de l'abondance des micro-régulateurs et augmentation des bio-agresseurs.

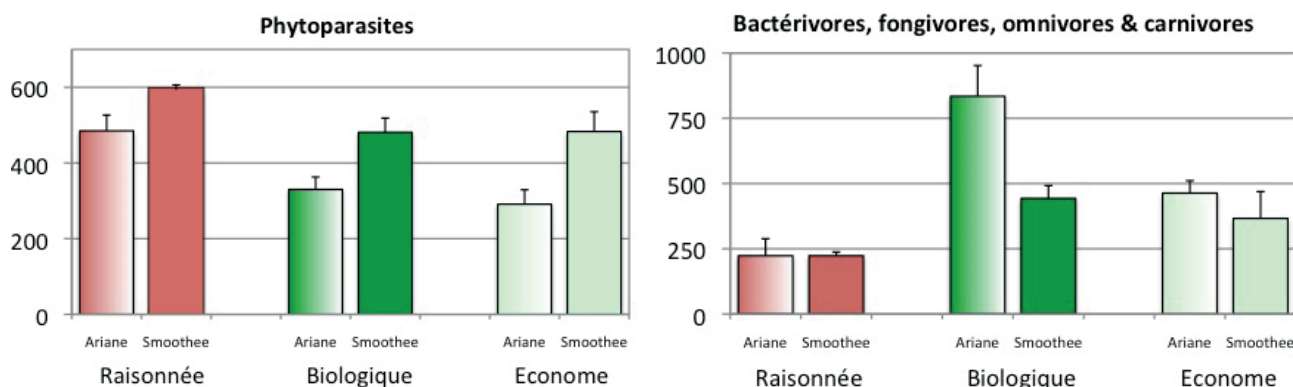


Figure 5 : Abondance (individus pour 100g de sol sec) des nématodes phytoparasites du sol et des nématodes libres (= bactérovores, fongivores, omnivores & carnivores)

BILAN DE L'ÉTUDE DE CAS « SITE AGRICOLE »:

L'indicateur « Nématofaune » permet de quantifier les effets des différents types de conduites (raisonnée, biologique, économe) dans un verger ainsi que les conduites liées aux variétés de pommiers sur le

fonctionnement du sol. L'analyse simultanée de l'abondance des différents groupes de nématodes, du EI et du SI permet de mettre en évidence des modifications du fonctionnement du sol. Ainsi, cet indicateur peut servir d'outil d'aide à la décision lors de l'évaluation de pratiques agricoles.

INTERETS ET LIMITES DE L'INDICATEUR



Intérêts

- Une seule analyse contient de nombreuses informations, qui intègrent tous les facteurs impactant le sol, et qui renseignent sur différentes fonctions du sol : (1) niveau d'activité biologique globale, (2) disponibilité des nutriments, (3) stabilité / niveau de perturbation du sol, (4) risque lié aux nématodes parasites des cultures.

- Ces indicateurs sont opérationnels et faciles à interpréter car, pour chaque paramètre, la gamme de variation est documentée et ils ont un très bon rapport « diagnostic du fonctionnement du sol » / coût en raison de la simplicité des méthodes mises en œuvre.



Limites

- Nécessité de traiter des échantillons de sol frais : la première étape de l'analyse doit se faire dans les 15 jours suivants le prélèvement, sur des échantillons conservés dans de bonnes conditions, car il faut que les nématodes soient vivants.

- En cas d'étude de situations d'impacts multiples (modes d'usage x pratiques x types de sol), différents facteurs influençant les organismes du sol, il est difficile d'identifier les facteurs explicatifs. Dans ce cas, le recours à l'étude d'une situation témoin est à privilégier pour avoir une base de comparaison.

LABORATOIRE REFERENT

ELISOL environnement est une entreprise innovante créée en 2011 qui valorise des résultats de la recherche scientifique dans le domaine de la biologie du sol. La société réalise des études de la qualité du sol basées sur des organismes du sol

et en particulier, les nématodes ; c'est également un laboratoire d'analyses phytonématologiques et un organisme de formation spécialisé en biologie du sol.

CONTACT

Contact : contact@elisol-environnement.fr

Site internet : www.elisol.fr