

Suivi d'un bioindicateur de l'état biologique du sol:  
**la nématofaune**  
dans le parc paysager du stade Océane (Le Havre)

Monitoring de la biodiversité du sol par l'analyse de la nématofaune  
dans le cadre de mesures de compensation



Dr Cécile Villenave  
Fondatrice & Responsable scientifique



Mme E. Degeai



Cécile Villenave

### Société

- Société créée en 2011 (5 ans)
- Essaimage de la recherche publique: 20 années de recherche
- Effectifs: 5

### Activités

- Evaluation de la qualité des sols par utilisation de **bioindicateurs**
- Analyses des nématodes **phytoparasites**
- Test de criblages de molécules à activité «nématocide» et test éco-toxicologiques
- Etudes de R&D sur mesure utilisant les nématodes

### Marché

- Sols agricoles: tous les acteurs de la filière agricole
- Sols pollués
- Sols naturels, Espaces verts urbains

Analyses biologiques de sols  
Bioindicateur = nématofaune



## Stade OCEANE

Construction en 2012  
Création d'un parc paysager écologique sur un  
périmètre de 20 ha pour fournir des  
compensations aux destructions de  
2 espèces protégés et de leurs habitat



*Lézard des murailles*  
(*Podarcis muralis*)



*Orvet fragile*  
(*Anguis fragilis*)



# Suivi naturalistes des mesures de compensation du stade Océane

Inventaires écologiques,  
faunistiques et floristiques

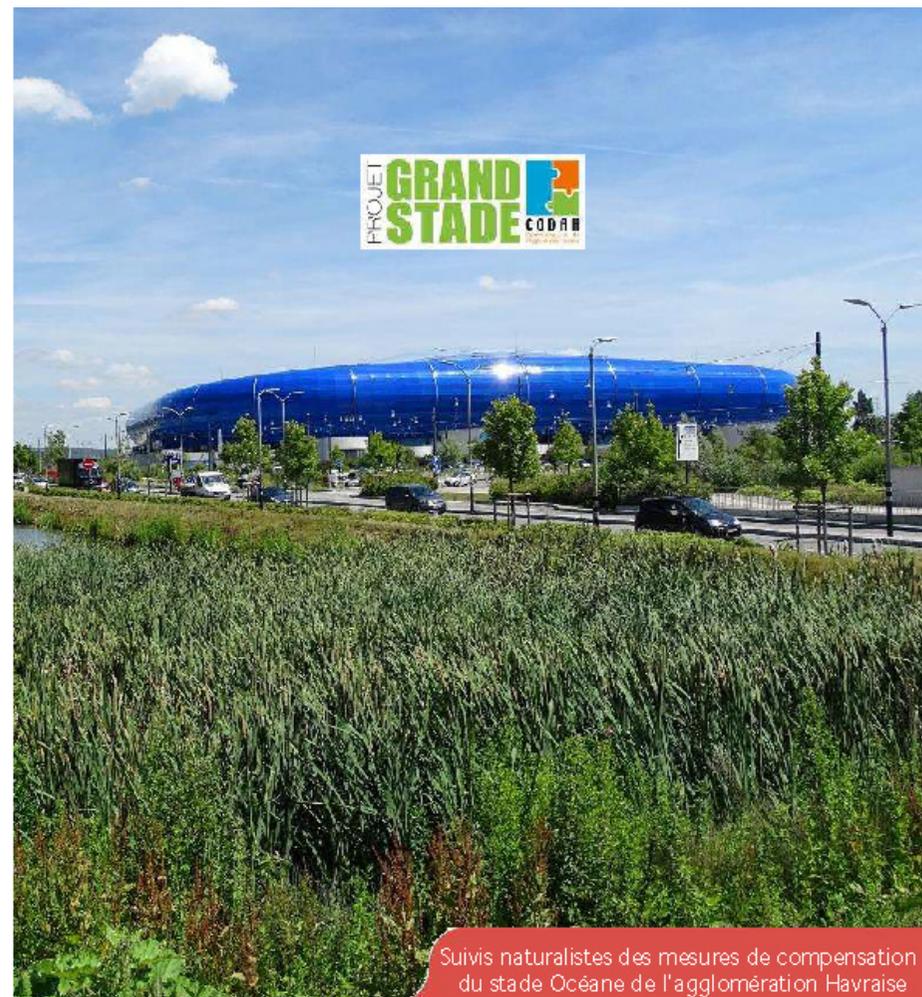


## Objectif:

- > Conforter le projet paysager du stade Océane
- > Elargir sa vocation pédagogique à son environnement écologique

## Suivis entre 2012 et 2016:

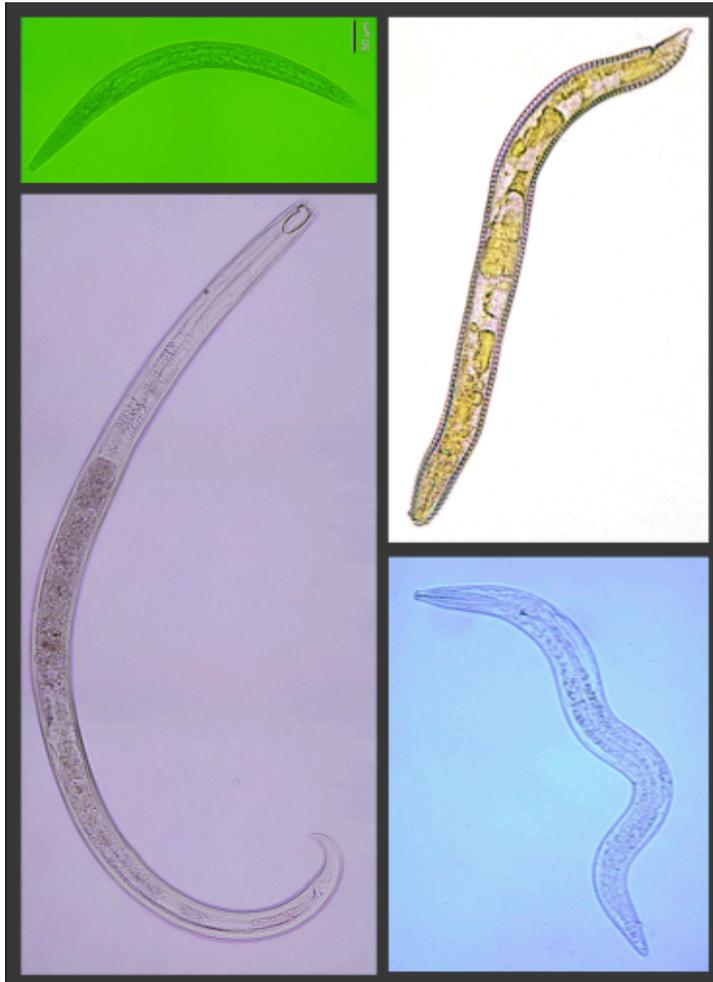
Flore  
Amphibiens  
Reptiles  
Insectes  
Nématofaune  
Macrofaune  
Chiroptères  
Avifaune



2015

- Client / Maître d'ouvrage : Communauté de l'agglomération Havraise
- Mandataire : Office National des Forêts - Agence études Ile-de-France Nord-Ouest

## La nématofaune pour le monitoring de l'état biologique du sol



### Nématodes = vers microscopiques

1 millimètre de long

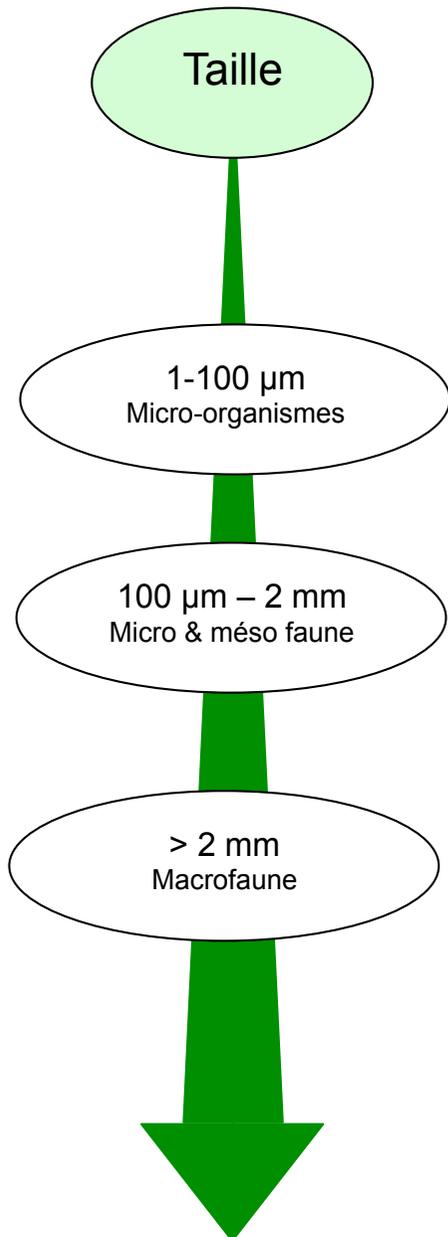
1 million par m<sup>2</sup> de sol

4/5 organismes pluricellulaires sur terre

### Objectif:

Caractériser le site par le fonctionnement biologique de ses sols dans les différentes zones écologiques qui ont été conçues et mises en place sur le site

# La faune du sol



Bactéries



Champignons



Protozoaires



Nématodes



Acariens



Collemboles



Diploptides



Vers de terre



Larves d'insectes

# Procédure d'analyse d'échantillons de sol en vue de l'utilisation des nématodes comme bio-indicateurs

**Norme NF ISO 23611-4 (2007):**  
*Soil quality — Part 4: Sampling, extraction and identification of soil-inhabiting nematodes*

Les échantillons de sol (500g) prélevés sur sites sont envoyés au laboratoire

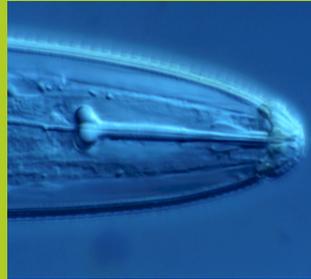
Les nématodes sont extraits du sol...

avant d'être comptés et identifiés

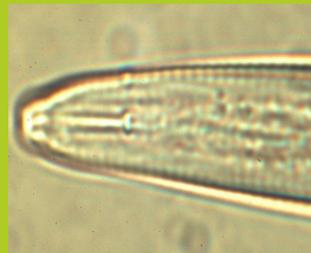


# Nématofaune

Phytophages  
obligatoires



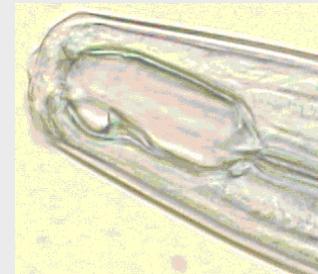
Phytophages  
facultatifs



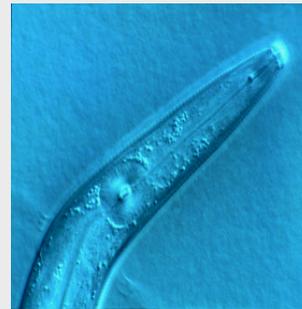
Bacterivores



Carnivores



Fongivores



Omnivores

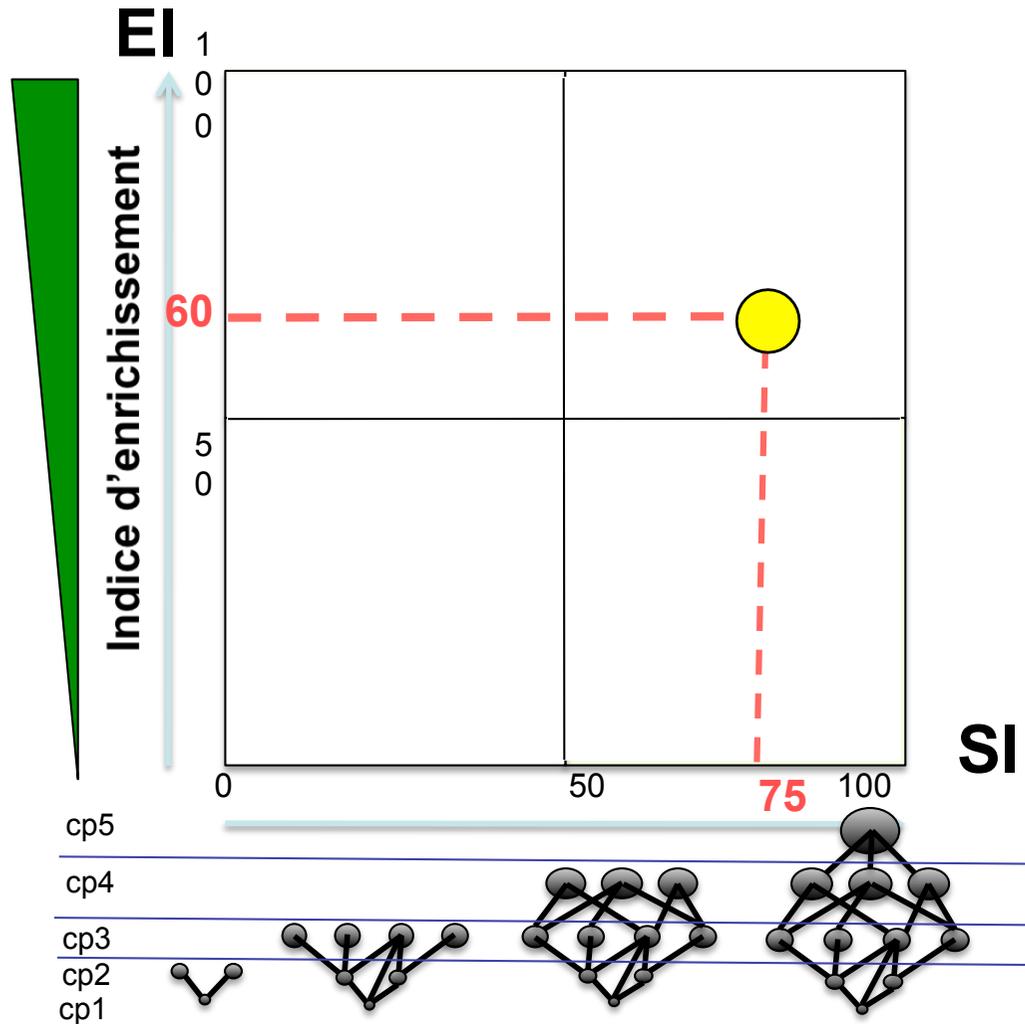
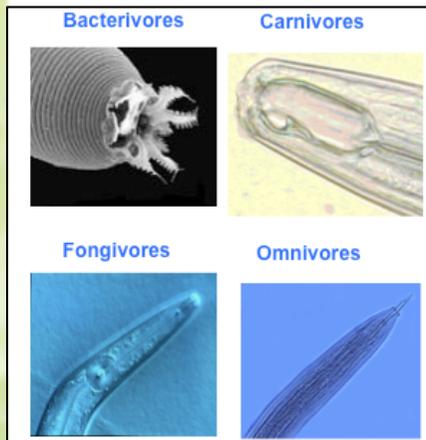


Nématodes phytophages  
-> couvert végétal

Nématodes libres  
-> Disponibilité des nutriments  
-> Dynamique de la matière organique  
-> niveau de perturbation



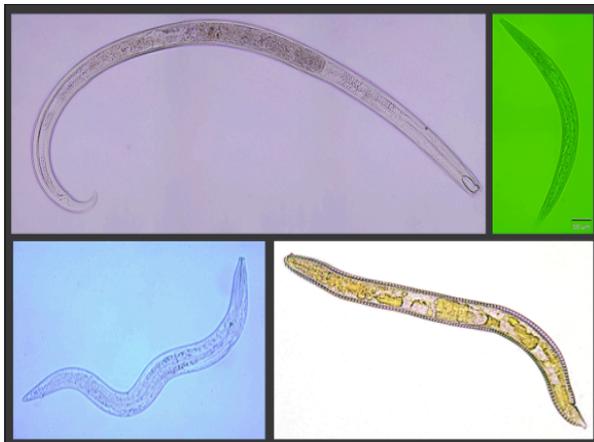
Disponibilité en éléments nutritifs



Indice de structure

# OUTIL Nématofaune pour la caractérisation du fonctionnement biologique du sol

1. Ubiquistes et abondants
2. Sédentaires
3. Eléments clés du réseau trophique
4. Faciles à étudier
5. Sensibles aux perturbations
6. Grande diversité fonctionnelle



Abondances des groupes fonctionnels clé de nématodes

+

Indices nématofauniques

EI

SI

IVD

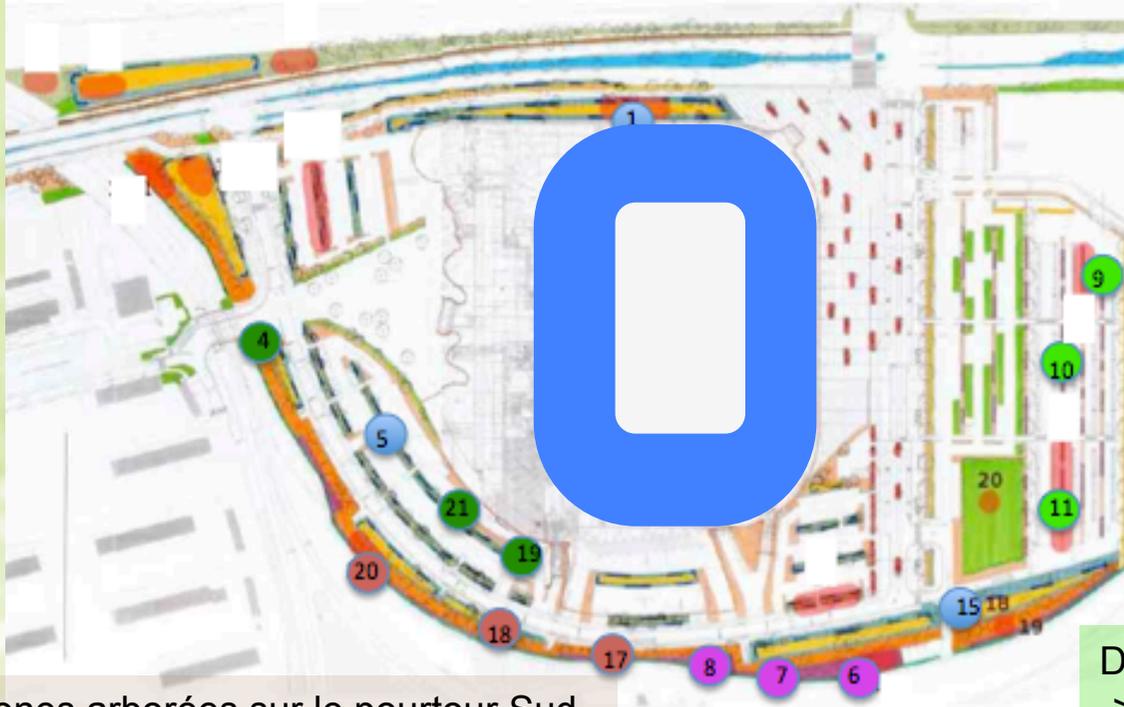


Etat du sol



## 4 mesures pour favoriser la biodiversité

Un réseau de zones humides sur tout le pourtour,  
-> habitats humides pour les amphibiens  
-> zone de production de nourriture pour les insectivores



Des zones arborées sur le pourtour Sud  
-> refuge pour les oiseaux

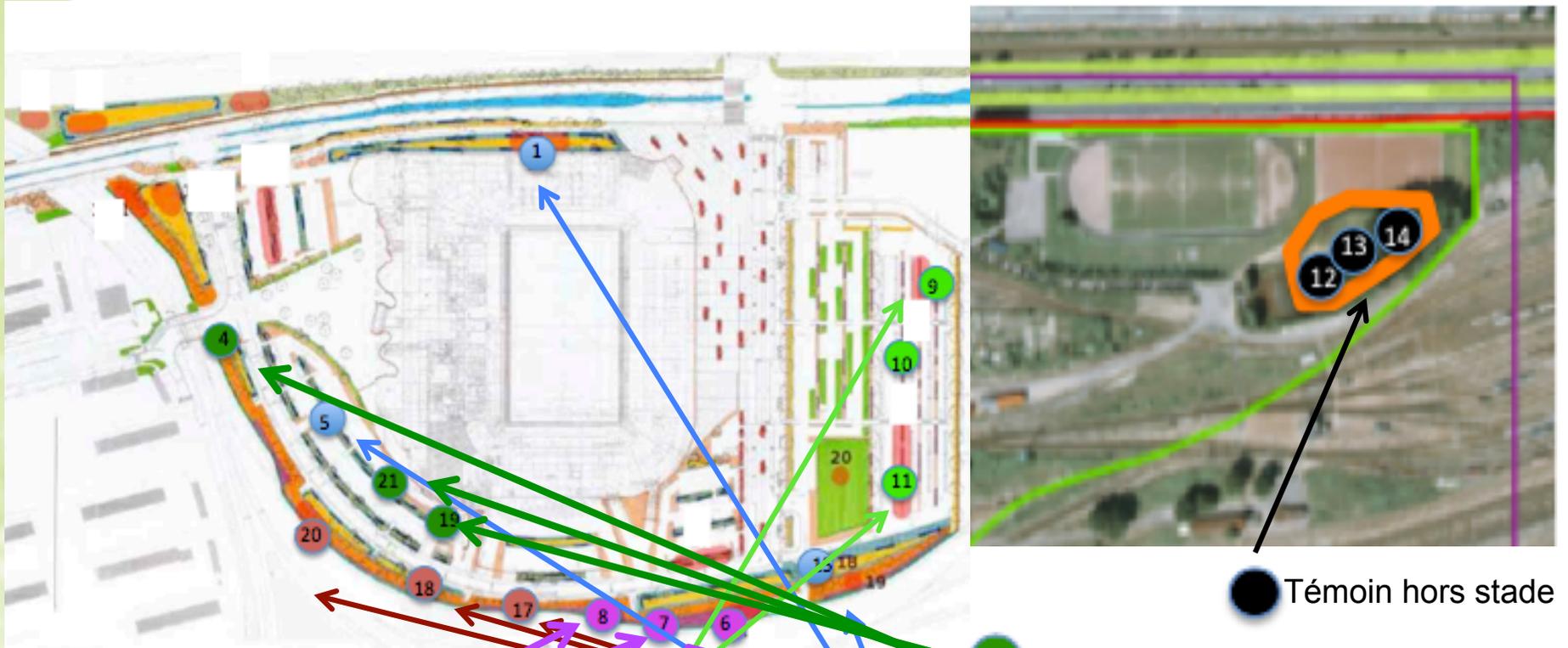
Un corridor écologique sur tout le pourtour Sud et Ouest  
-> habitat de choix pour les reptiles

Témoin hors stade



Des zones de gabions  
-> habitat pour les reptiles.

# Différents espaces verts étudiés



● Témoïn hors stade

● Sous écorce

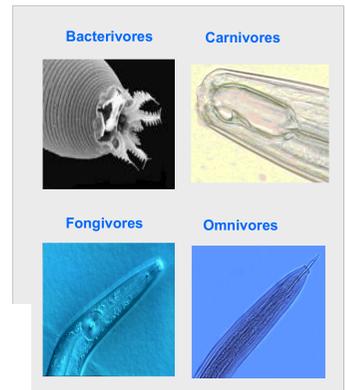
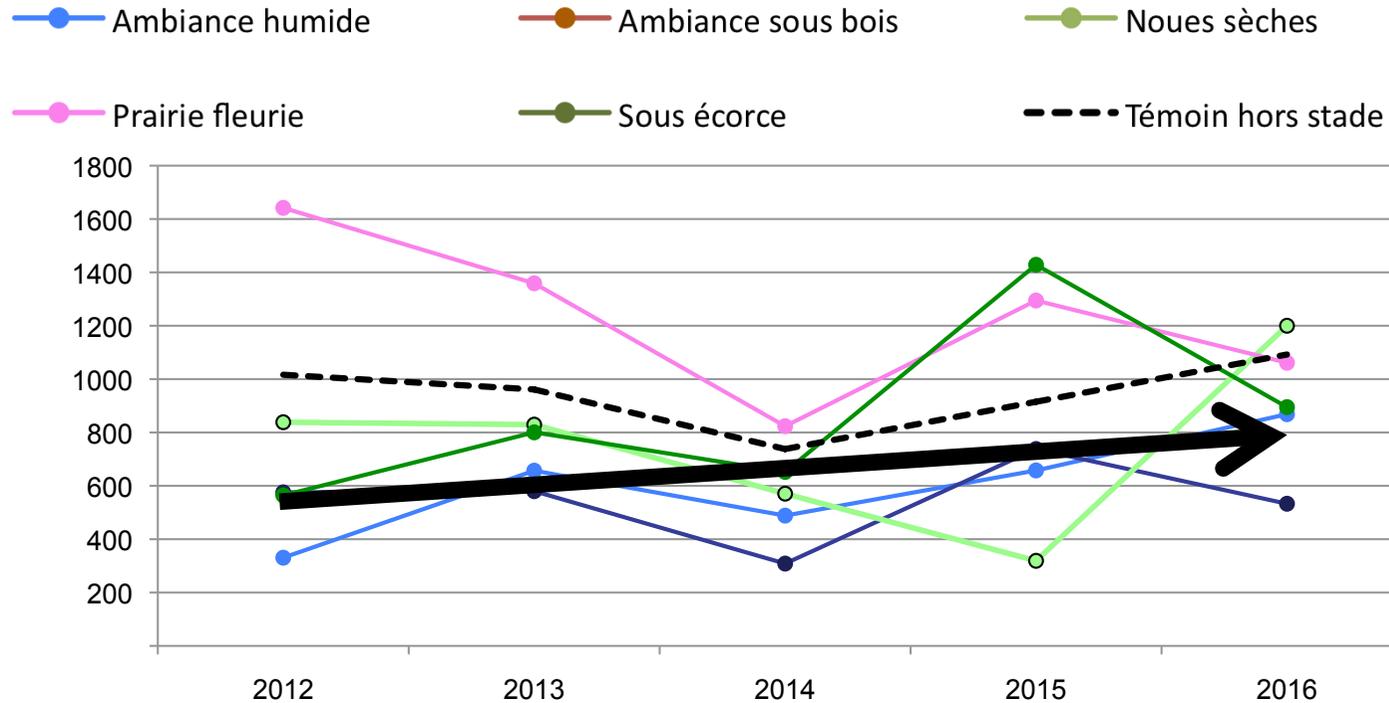
● Corridor  
« Ambiance sous bois »

● Noues humides  
« Ambiance humide »

Prairie Fleurie

Noues sèches

## Abondance de nématodes libres (nombre de nématodes/100g sol sec)

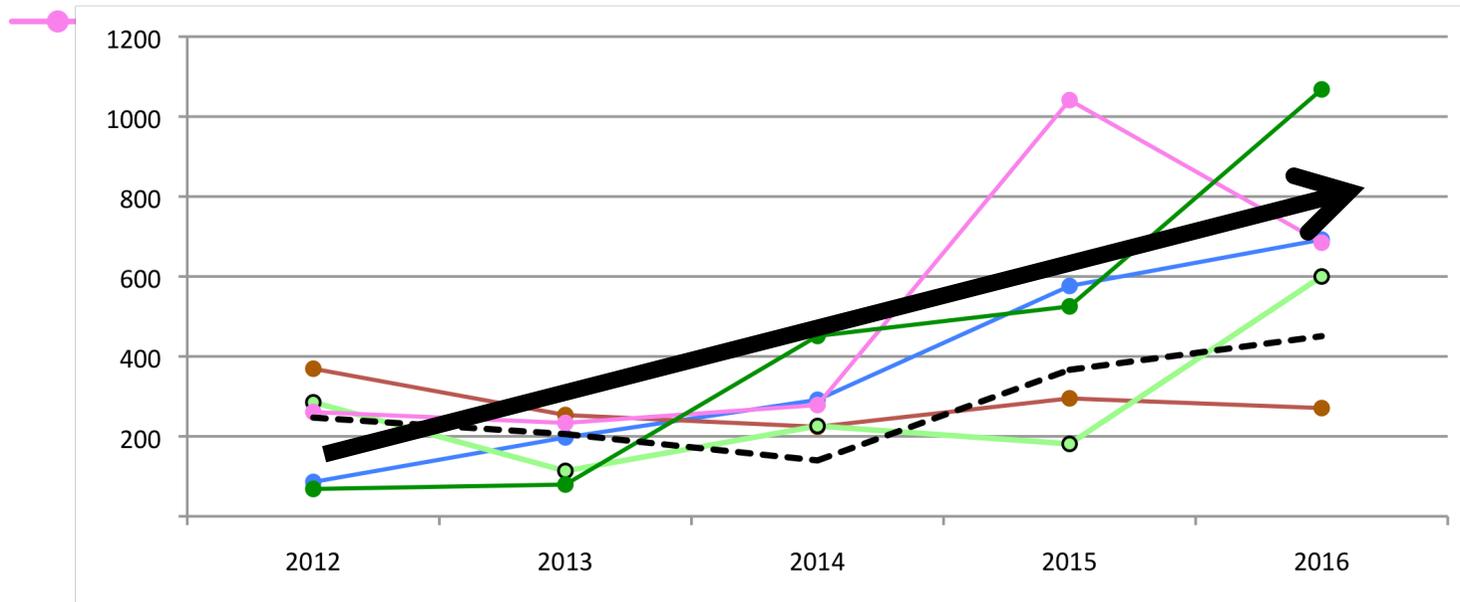


L'abondance des nématodes microbivores et omnivores augmente légèrement au cours du temps (**sauf** pour l'ambiance sous bois et la prairie fleurie)

-> pas/peu d'augmentation à cette échelle de temps des ressources (MO) pour ces organismes

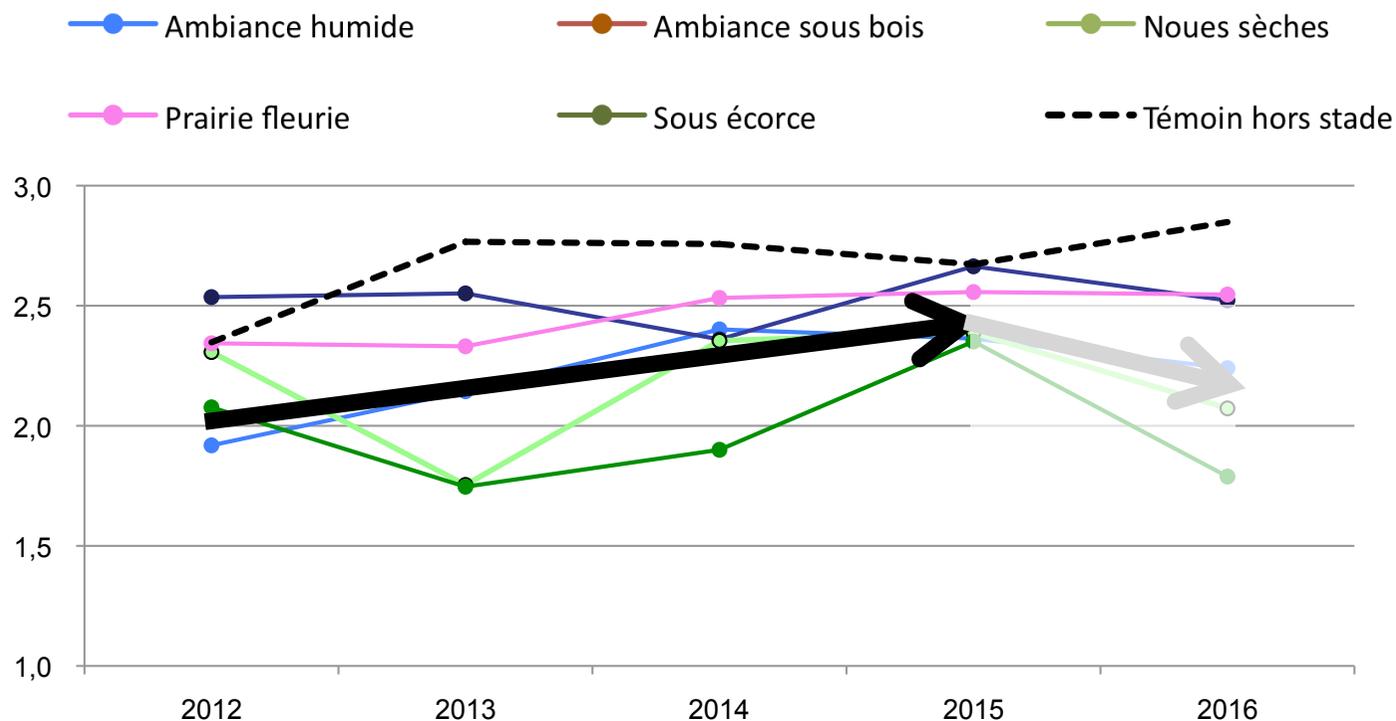
## Abondance des nématodes phytophages (nombre de nématodes/100g sol sec)

—●— Ambiance humide      —●— Ambiance sous bois      —●— Noues sèches



L'abondance des nématodes phytophages augmente au cours du temps (sauf pour l'ambiance sous bois)  
-> Installation et développement de la végétation  
-> augmentation de la rhizosphère qui crée des ressources pour les organismes phytophages du sol

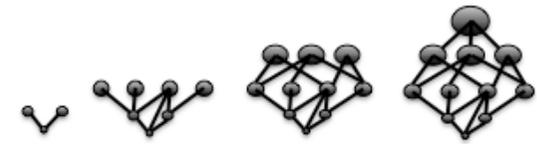
## Indice de diversité taxonomique: Indice de Shannon (H')



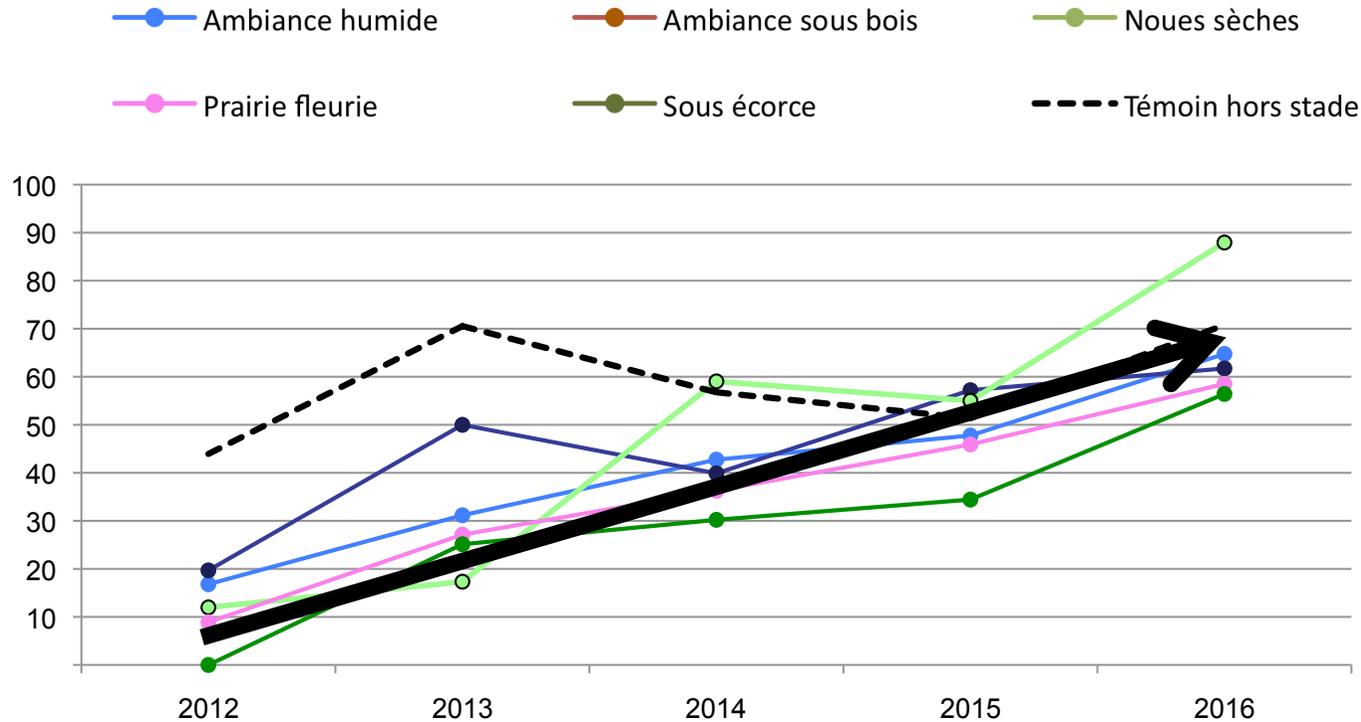
La diversité taxonomique tend à augmenter dans les espaces verts au cours de 3 premières années.

Un repli est observé en 2016.

-> Diversification taxonomique modérée



## Indice de Structure

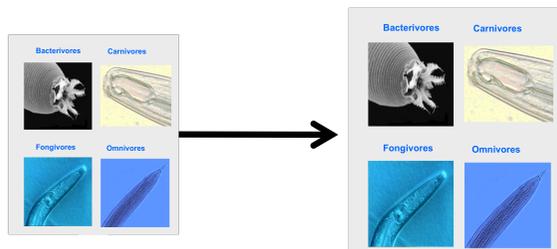


L'indice de structure (SI) augmente de façon importante en 4 ans dans les espaces verts:

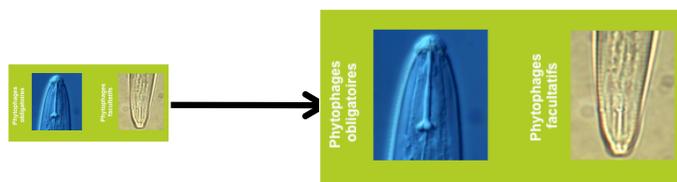
- augmentation de la complexité de la chaîne trophique du sol
- augmentation de la diversité fonctionnelle des organismes du sol

## Evolution de la biodiversité du sol

Entre octobre 2012 et avril 2016: évolutions **positives** de l'activité biologique du sol dans les différentes zones d'espaces verts du grand stade du Havre



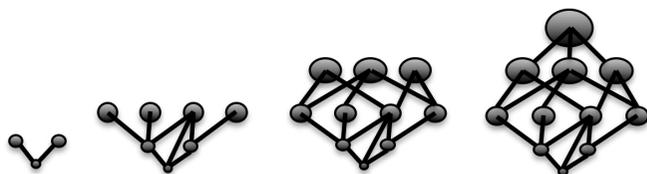
Légère augmentation de l'abondance des nématodes libres : faible augmentation ressources MO



Forte augmentation de l'abondance des nématodes phytophages: installation de la végétation



Faible augmentation de la diversité taxonomique



Forte augmentation de la diversité fonctionnelle des nématodes du sol: fonctionnalité des sols augmente



Reflète une activité biologique du sol plus intense et plus complexe dans le parc du stade Océane

## Evolution de la biodiversité du sol

Entre octobre 2012 et avril 2016: évolution **positive** de l'activité biologique du sol dans les différentes zones d'espaces verts du grand stade du Havre

### Spécificités des espaces verts

**Sous écorce**: cinétique plus lente -> démarrage décalé  
obstacle physique à la recolonisation

**Ambiance sous bois**: moindre développement des communautés biologiques du sol; causes possible: feutre, pente, végétaux installés?

**Noues sèches**: évolution inter-annuelle « imprévisible »:  
lié à leur isolement dans l'espace (sortes d'îles)

**Ambiance humide**: évolution positive très importante qui est vérifiée également pour la diversité des autres groupes étudiés

**Prairie fleurie**: milieu très favorable

## Conclusion: Outils de surveillance de la qualité du sol

Plue-value de ces analyses:

- Intègrent une dimension supplémentaire aux analyses physico-chimiques classique de sol: la bio-diversité
- **Outils de pilotage pour la gestion durable des sols:**
  - > améliorent la connaissance et la compréhension de l'impact des choix d'aménagements
- **Outils de communication:**
  - > permettent de quantifier et de caractériser des évolutions jusque là invisibles
- **Outils d'aide à la réglementation...**