



LES OUTILS DE DIAGNOSTIC DE LA FERTILITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS

CANNAVACCIUOLO Mario

USC 1432 **leva**
Ecole Supérieure
d'Agricultures, INRAE,
SFR 4207 QUASAV



Critères de choix des indicateurs

Vision des chercheurs

- Intérêts biologiques, écologiques, agronomiques
- Robuste, sensible et validé techniquement
- Référentiels d'interprétation

Vision des agriculteurs

- Répondent à des attentes concrètes
- Pas trop lourd à mettre en œuvre
- Facilement interprétable
- Pas trop cher

- Evaluer les pratiques
 - Quantifier les services rendus aux exploitants agricoles
- Structures analytiques opérationnelles dans le cadre du projet (terrain et labos)
 - Potentialité d'une filière économique (labos privés, après le projet)

Les demandes les plus fréquentes des agriculteurs

Répondent à des attentes économiques, agronomiques et environnementales concrètes :

- ➔ Gestion de la **réserve en eau** des sols
- ➔ Gestion de la **fertilité** dans un contexte de **réduction d'intrants** « booster les activités biologiques »
- ➔ Gestion de la **santé** des cultures
- ➔ **Durabilité** agronomique et écologique des pratiques
- ➔ État du **patrimoine biologique**
- ➔ **Acceptabilité environnementale** des modes de production

Formation Casdar AgrInnov 2012-2015

Connaître le potentiel des sols

Les analyses physico-chimiques sont nécessaires pour comprendre le fonctionnement global du sol et interpréter d'autres indicateurs

Formation Casdar AgrInnov 2012-2015

Paramètres	Interprétation / Influence habitat
<ul style="list-style-type: none">• Granulométrie cinq fractions (argiles, limons, sables)• Teneur en eau résiduelle	Habitat : influence micro- à macrofaune, rétention en eau, stabilité... Disponibilité en eau (microhabitat)
<ul style="list-style-type: none">• pH (acidité du sol)• Calcaire total	Biodiversité et activités biologiques, stabilité, biodisponibilités...
<ul style="list-style-type: none">• Carbone et azote total• Matières organiques particulières• CEC et cations échangeables• Phosphore assimilable	Indicateur de niveau trophique large Disponibilité en matières organiques
Teneur en eau au prélèvement	Conditions au prélèvement
Plomb et cuivre EDTA, ETM...	Niveau de contamination potentielle

Observer et caractériser la structure du sol : Le test bêche

Objectifs

- Caractériser l'habitat des organismes du sol
- Évaluer l'effet du système de culture et de l'itinéraire technique sur la structure du sol
- Évaluer la structure du sol en lien avec l'élaboration du rendement

Principe

- Observer en premier lieu l'état de surface du sol (battance, érosion)
- Prélever dans un second temps un volume de sol et observer la terre fine, les mottes, les cailloux sur la bêche et la bêche



Le test bêche : classes des mottes



Mottes de type **Gamma** (Γ) : beaucoup de macroporosité visible à l'oeil

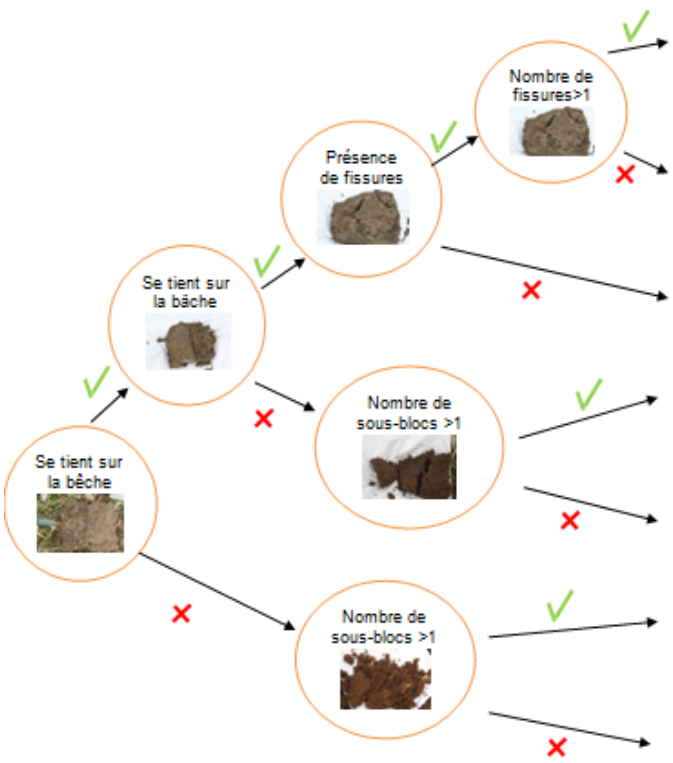


Mottes de type **Delta** (Δ) : aucune macroporosité visible à l'oeil



Mottes de type **Delta b** (Δb) : quelques macropores visibles à l'œil – type galeries de vers de terre, passage d'une racine
b = porosité d'origine **biologique**

Le test bêche : interprétation, scoring



	Terre fine et/ou Γ dominant	Dominance Δb Γ ou terre fine $> \Delta$	Dominance Δb Γ ou terre fine $< \Delta$	Dominance Δ Γ ou terre fine $> \Delta b$	Dominance Δ Γ ou terre fine $< \Delta b$
C2R	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4
CR	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4	Classe 4
C	Classe 2 Peu probable	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 5
C2R	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4
CR	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4	Classe 4
O	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 2 Peu probable	Classe 3 Peu probable
O/C	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4 Peu probable

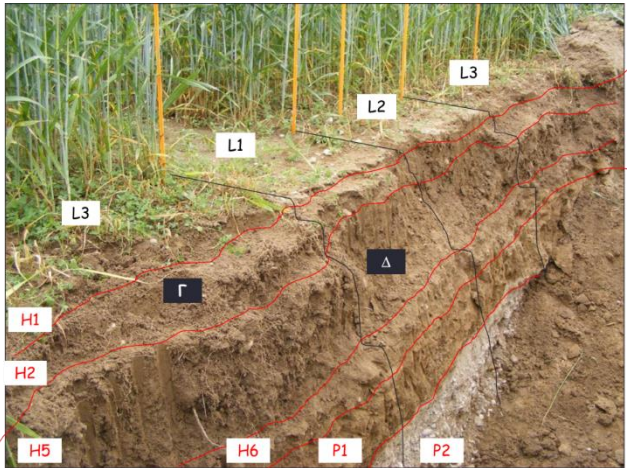
O : structure ouverte

O/C : structure ouverte à tendance continue

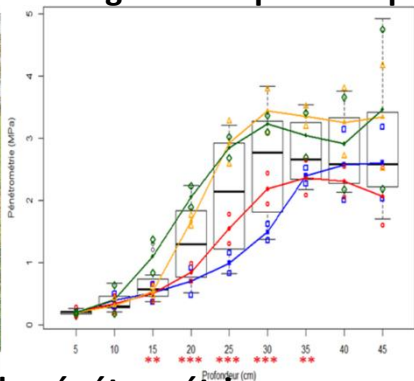
CR/C2R : structure continue avec plans de fissurations

C : structure continue ou massive

Les autres méthodes pour observer un sol



Le profil culturel: le diagnostic le plus complet!

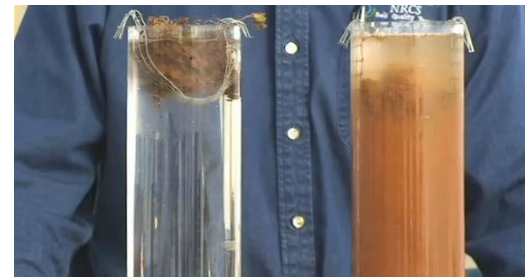


Tests de pénétrométrie

Crédit photo : J.F. Vian



Mesure de l'infiltration de l'eau dans le sol : mesure par infiltromètre (à gauche) ou Beer Khan (à droite)



Stabilité structurale (par ex. Slake test en photo)



Densité apparente du sol = % de porosité

L'indicateur « Vers de terre »

Turricule



1 Les épigés

Taille : petite (1 - 5 cm)
Couleur : rouge sombre

Eisenia eiseni

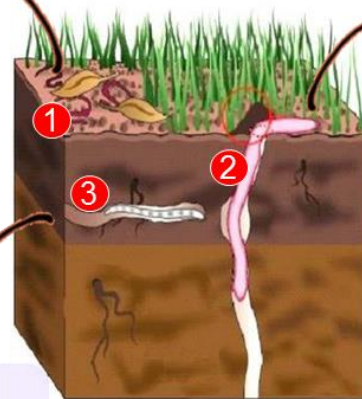


- **Vivent en surface** dans les amas organiques (compost, fumier, ...)
- Creusent peu ou **pas de galeries**

2 Les anéciques

Taille : grande (10 - 110 cm)
Couleur : rouge, gris clair, brun (avec un gradient de la tête à la queue)

- **Vivent dans l'ensemble du sol**
- Creusent des **galeries permanentes** verticales
- Rejetent des déjections à la surface du sol



3 Les endogés

Taille : moyenne à grande (1 - 20 cm)
Couleur : faiblement pigmentée (rose à gris-clair)

- **Vivent dans le sol** et remontent rarement à la surface
- Creusent des **galeries temporaires** horizontales

Octolasion cyaneum



Epi-anéciques

Lumbricus terrestris



Anéciques stricts

Aporrectodea giardi

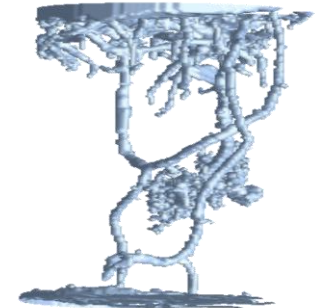


Les vers de terre, quel intérêt ?

Ingénieurs des écosystèmes

= groupes d'impacts fonctionnels

→ modifications des abondances ou structures des communautés lombriciennes peuvent modifier les propriétés du sol (biologiques, chimiques & physiques)



Bio-indicateurs des sols et de ses usages

= groupes de réponses aux contraintes exercées sur les sols

- Sensibles aux modifications de leur environnement
- Faciles à observer & à prélever
- Méthodes de prélèvement transférables

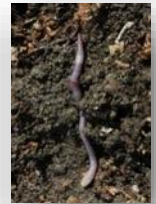
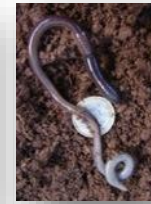
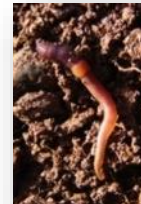


Prélèvements lombriciens associés au test bêche



Les paramètres étudiés :

- Abondance lombricienne (« le plus, le mieux ») 😊
- Biomasse lombricienne (« le plus, le mieux »)
- Abondance des groupes fonctionnels
- Richesse en espèce (« le plus, le mieux »)



Levabag^{MD} : mesure de l'activité de dégradation d'une MOF

Objectifs

- Évaluer la vitesse de décomposition des matières organiques dans les sols
- Devenir des résidus de culture (paille de blé) et disponibilité de l'azote

Principe

- Enfouir dans le sol une quantité de paille connue introduite dans un sac en nylon de maille 1mm
- Mesurer la perte en masse entre 2 dates (120 jours)

(« le plus, le mieux ») 😊



Enfoncer une bêche à 10 cm de profondeur



Soulever la motte de terre et déposer à plat un sac

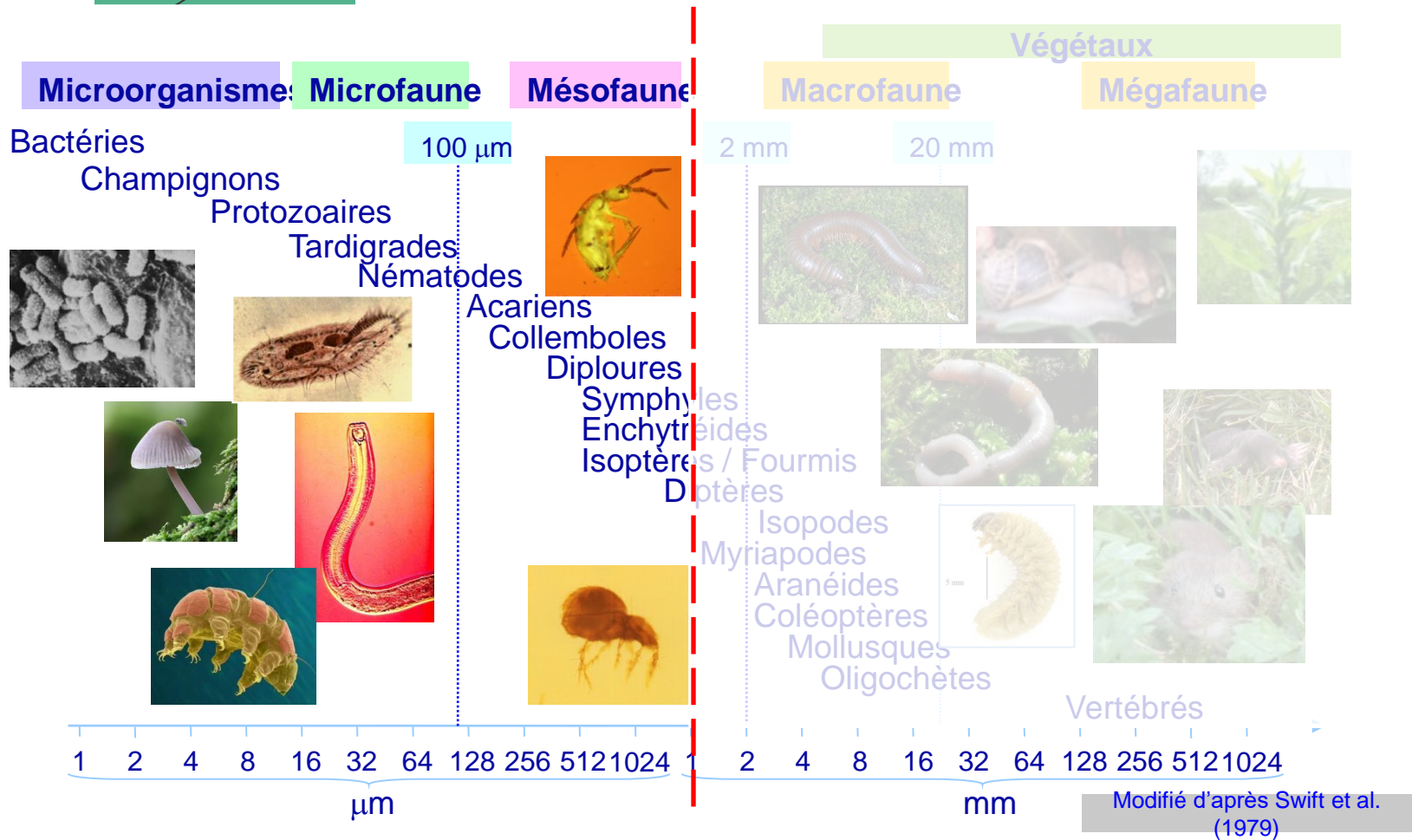


Reposer la motte par-dessus et colmater les bords ... et positionner un jalon

Retour après 4 mois pour extraire et envoyer le LEVAbag sous enveloppe à l'ESA (mail d'alerte)

Une mesure de la perte en masse sera réalisée.

Levabag^{MD} : micro et mésofaune



Contribution des microorganismes et de la mesofaune à ...

Mesure de l'activité par le test du slip

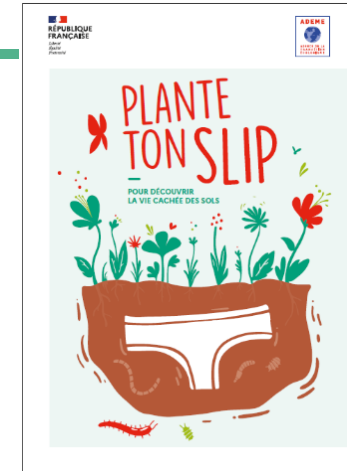


Les slips doivent être enterrés pendant au moins **2 à 3 mois**, à minimum 15 cm de profondeur.

Après déterrement, on doit apprécier leur **décomposition** et leur état, leurs **couleurs/odeurs** avant de les laisser sécher plusieurs jours.

Pour notre étude les slips ont été enterrés de mi-avril à mi-juin 2018.

Crédit photo : Chambre d'Agriculture du Var



Premiers résultats obtenus



Crédit photos : Chambre d'Agriculture du Var

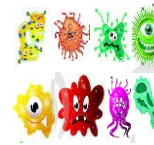
Indicateur pédagogique mais :

- Pas de mesure quantitative
- Pas de référentiel d'interprétation

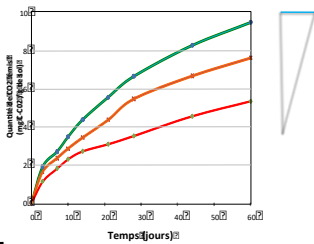
Les fonctions des micro-organismes ?



Baisse de 30% de la diversité microbienne d'un sol



Baisse de 40% de la minéralisation de la MO



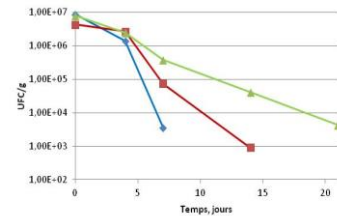
Perte de 50% de la productivité végétale



Perte de 50% de la stabilité structurale du sol



Augmentation du temps de survie (x5) des pathogènes dans le sol

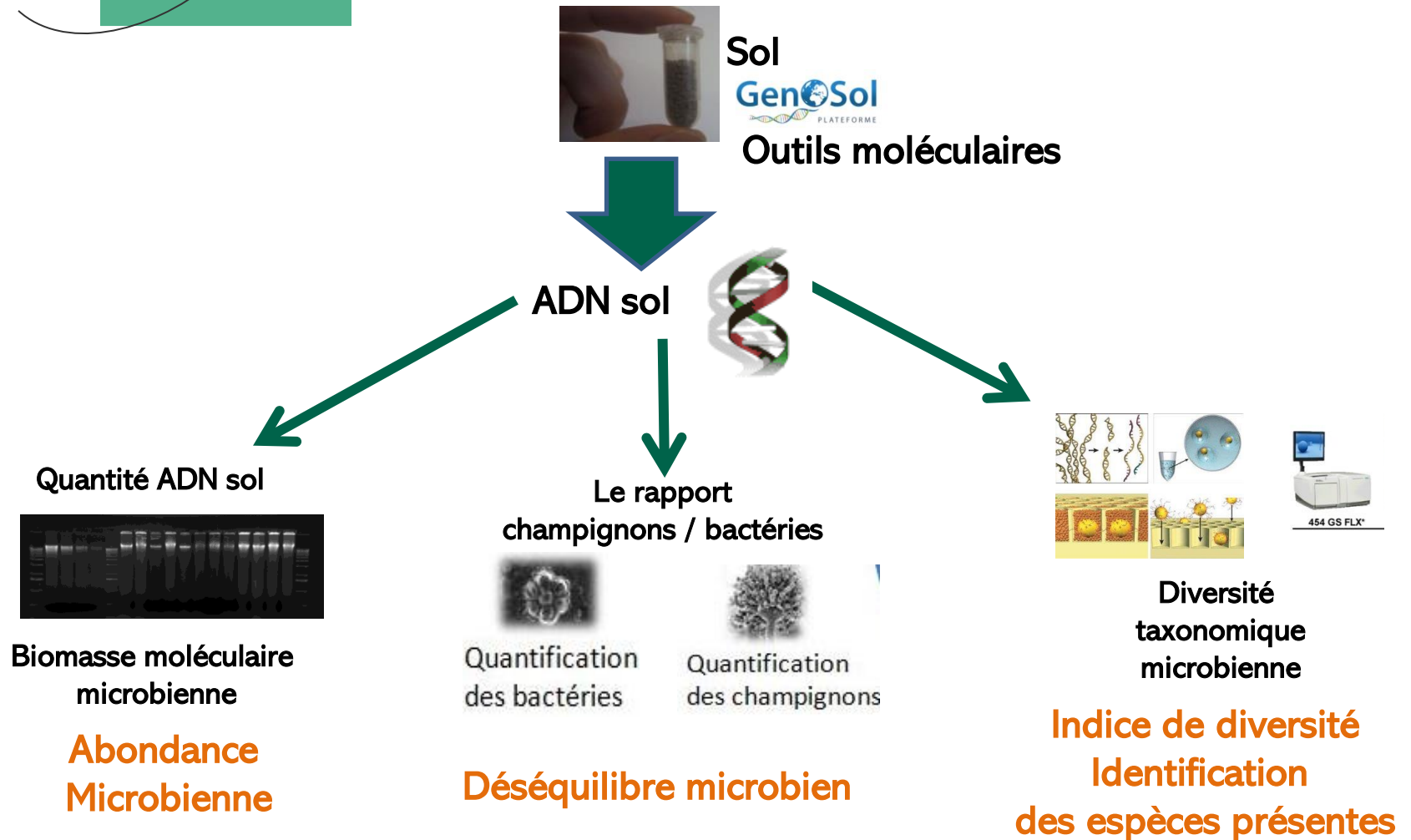


Fertilité biologique

Fertilité physique

Effet barrière

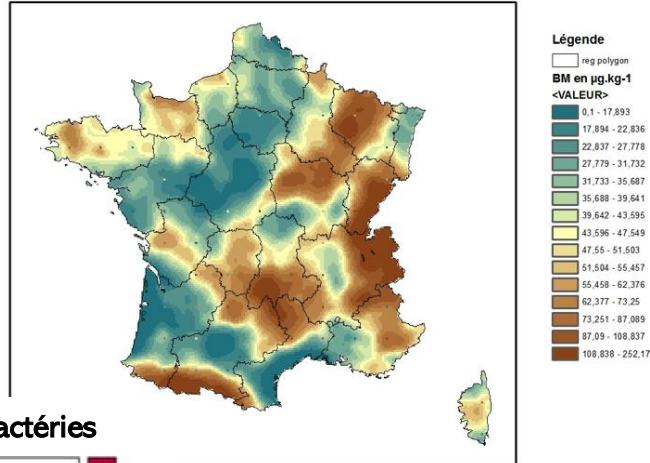
Les indicateurs microbiens



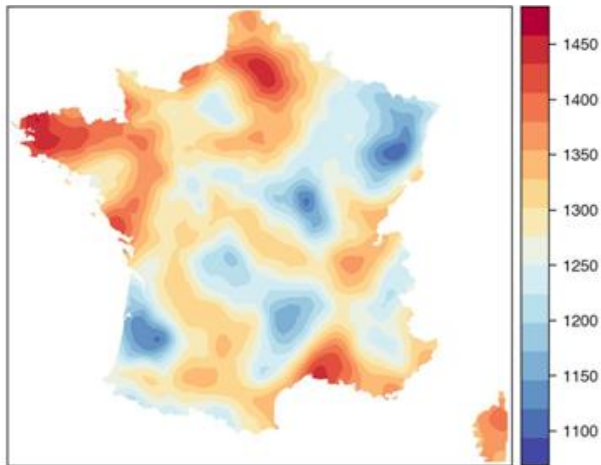
Le référentiel microbien et le diagnostic

Référentiel national
RMQS
(2200 sols)

La biomasse moléculaire microbienne



La diversité taxonomique en bactéries



Modèle statistique prédictif



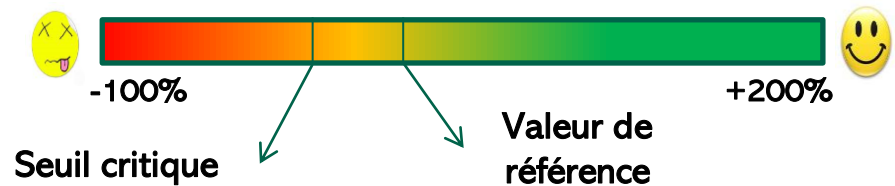
Valeur de référence / type
pédoclimatique



Diagnostic
=

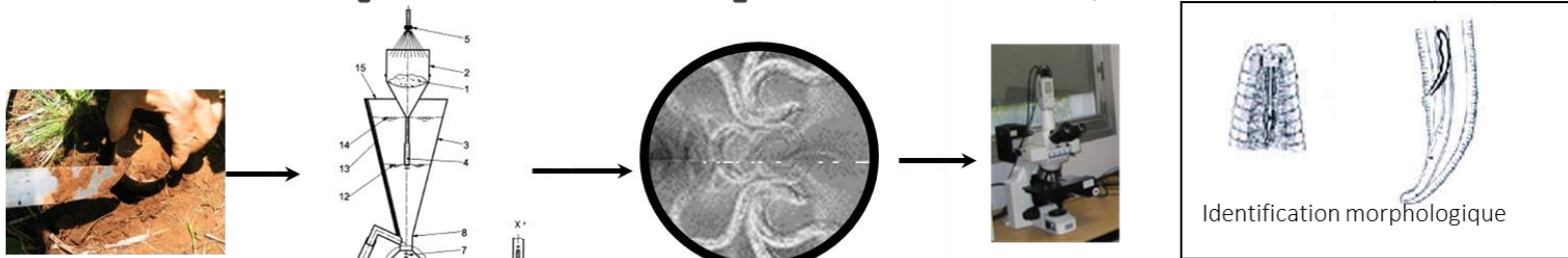
Écart (+ ou - en %)
par rapport à la référence

Indicateur « le plus, le mieux »



Les indicateurs Nématofaune

Les nématodes: procédure d'analyse normalisée (NF ISO 23611-4)



Détermination de la densité totale des nématodes du sol

Détermination de la composition de la nématofaune (diversité spécifique, fonctionnelle)

Phytophages

Nématodes libres

Phytophages obligatoires

Phytophages facultatifs

Bacterivores

Fongivores

Carnivores

Omnivores



Deux indices d'abondance

Trois indices basés sur la composition de la nématofaune

Un indice de diversité taxonomique de la nématofaune

Couverture végétale (perte de) Production primaire

Dynamique de la MO
Recyclage des nutriments
Compartiment microbien

Perturbations physiques ou chimiques (pollutions)

Diagnostic du fonctionnement biologique des sols par analyse de la nématofaune

- Deux abondances de nématodes (ind kg⁻¹ sol)

Abondances des nématodes libres du sol: Indicateur activité biologique



Abondance des nématodes phytophage: activité liée à la rhizosphère



- Trois indices basés sur la composition de la nématofaune

Indices nématofauniques: types de fonctionnement biologique du sol

EI: Indice d'enrichissement



SI: Indice de Structure



Indice de voie de décomposition IVD



- Un indice de diversité taxonomique de la nématofaune

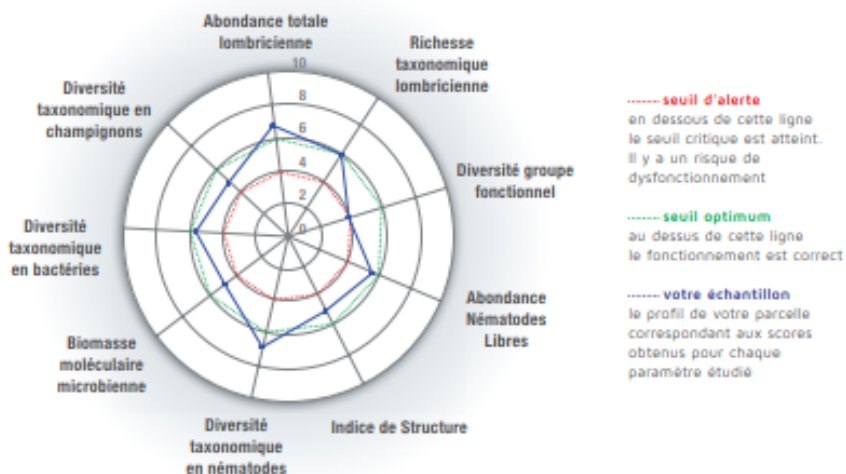
Diversité taxonomique



Indicateurs de synthèse

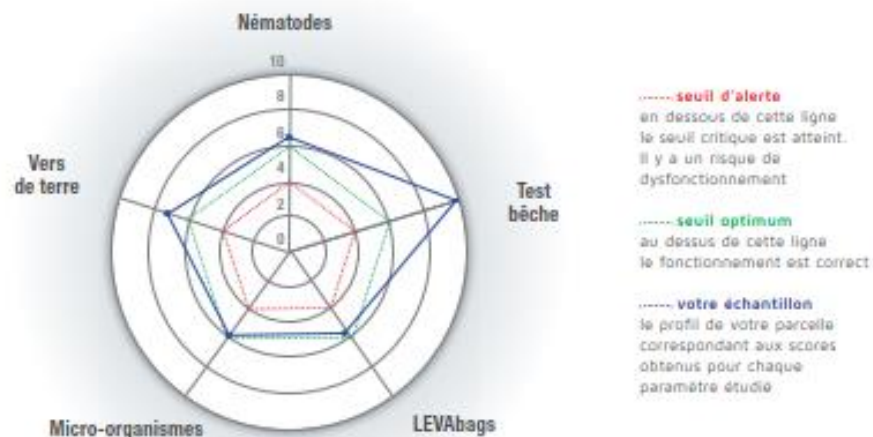
PATRIMOINE BIOLOGIQUE - ASSURANCE ÉCOLOGIQUE

Abondance, diversité et équilibre biologique des organismes vivants du sol



FERTILITÉ BIOLOGIQUE DU SOL

Indicateurs agronomiques et biologiques



Un mauvais indicateur de patrimoine / assurance écologique peut être dû :

- mauvais état structural du sol
- faibles ressources nutritives (quantité et qualité de matière organique)
- pollution significative du sol (organique ou métallique)

Une mauvaise assurance écologique peut entraîner une mauvaise résistance et capacité de réhabilitation du fonctionnement biologique du sol et donc une faible durabilité des pratiques.



Une fertilité biologique faible peut être due :

- mauvais état structural du sol
- faibles ressources nutritives (quantité et qualité de matière organique)
- pollution significative du sol (organique ou métallique)

Une fertilité biologique faible peut entraîner une mauvaise dégradation de la matière organique du sol ou de celle apportée sous forme d'amendements.