

«Projet Casdar 2017-2022 »

Microbioterre

Intégrer des indicateurs de microbiologie dans l'analyse de terre pour améliorer la gestion des restitutions organiques dans les systèmes de grande culture et polyculture élevage

Riah-Anglet Wassila¹, Cusset Elodie¹, Barbot Christophe², Bouthier Alain³, Deschamps Thibaud³, Gendre Sophie³, Houot Sabine⁴, Perrin Anne-Sophie⁵, Recous Sylvie⁶, Roussel Pierre-Yves⁷, Trinsoutrot-Gattin Isabelle¹, Tscheiller Romain³, Valé Matthieu⁸, Bennegadi-Laurent Nadia¹

¹UNILASALLE, unité de recherche AGHYLE, ²Chambre d'agriculture d'Alsace, ³ARVALIS, ⁴INRAE UMR ECOSYS, ⁵TERRES INOVIA, ⁶INRAE, URCA UMR FARE, ⁷Chambre d'agriculture de Bretagne, ⁸AUREA AgroSciences

Pilote



Partenaires financés



Partenaires non financés

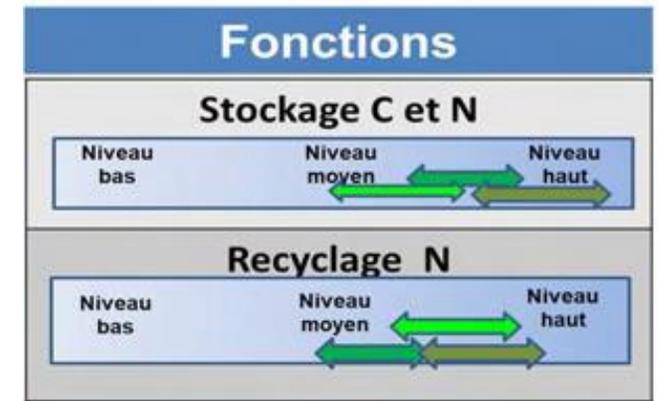


Soutien



Contexte du projet Microbioterre

- ❖ Développer des pratiques favorables à un **fonctionnement biologique du sol** qui contribuent à un meilleur recyclage des nutriments, dont l'azote.
- ❖ **Réduction de la dépendance aux engrais minéraux** de synthèse des systèmes
- ❖ Volonté des agriculteurs de faire évoluer leurs systèmes de culture vers des **systèmes plus durables**



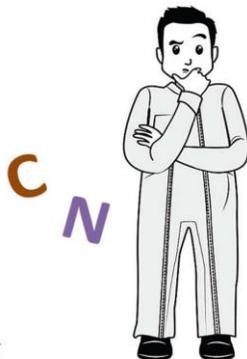
↔ Optimum SCT1
↔ Optimum SCT2
↔ Optimum SCT3

SCT: situation culturale type:
Sol, Climat, SdC

Agro-écologie



ADN microbien
Champignons/
bactéries
Fractionnements
de la MO ...
Biomasse
microbienne
Activités
enzymatiques
Potentiel de
minéralisation



Contexte du projet Microbioterre

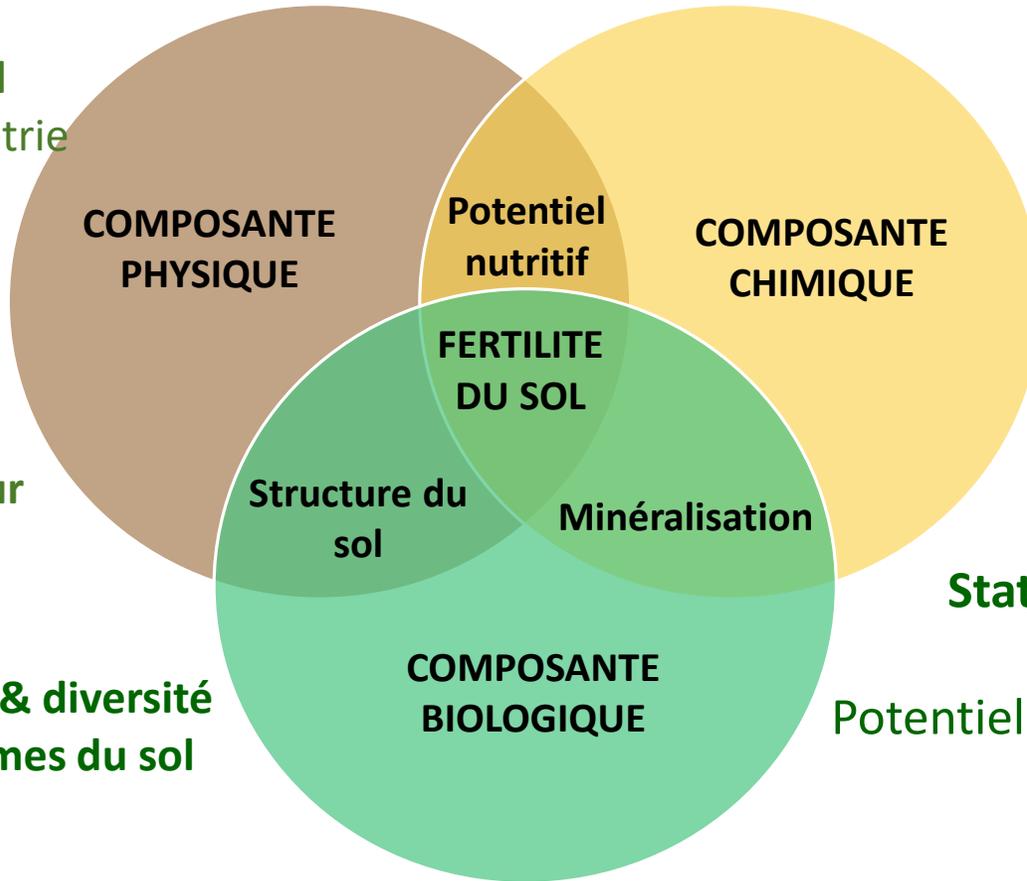


Type de sol
Granulométrie
CEC

Pierrosité

Profondeur

Abondances & diversité
des organismes du sol



Statut acido-basique
Teneur calcaire
pH

Statut minéral
Eléments majeurs (N, P2O5,...)
Oligo-éléments (Zn, Mn,...)

Statut organique
MO, C/N
Potentiels de minéralisation



Besoin de référencement d'indicateurs de fonctionnement du sol

Objectif du projet Microbioterre

Référencer des **indicateurs de microbiologie des sols** en vue de les intégrer dans **l'analyse de terre de routine**, et **améliorer la gestion des restitutions organiques** dans les systèmes de grande culture et polyculture-élevage



Enjeux du projet Microbioterre

Quels **indicateurs** choisir pour évaluer la fertilité biologique des sols en lien avec les fonctions de dégradation des matières organiques et le recyclage de nutriments ?

Biomasses
microbiennes

Activités
enzymatiques
microbiennes

Minéralisations
C & N



Comment **interpréter** ces mesures d'indicateurs ?

- Besoin d'un **référentiel**
- Besoin de clarifier les **relations Indicateurs / Fonctions**



Quelles **pratiques (leviers)** mettre en œuvre pour **optimiser** les **fonctions des sols** selon les objectifs spécifiques de l'agriculteur ?

Sites expérimentaux échantillonnés

Essais agronomiques
Campagne 2017 - 2018

- 18 sites (20 essais)
de moyenne et longue durées (de 6 à 48 ans)
- 61 modalités agronomiques
- Profondeur de prélèvement

Pratiques culturales :

Mises en place depuis minimum 5 ans

0 – 20 cm

5 pratiques culturales :

Durée de la rotation

Rotation longue vs. Rotation courte (ref.)

Travail du sol

Travail superficiel ou SD vs. Labour (ref.)

Couverts Intermédiaires

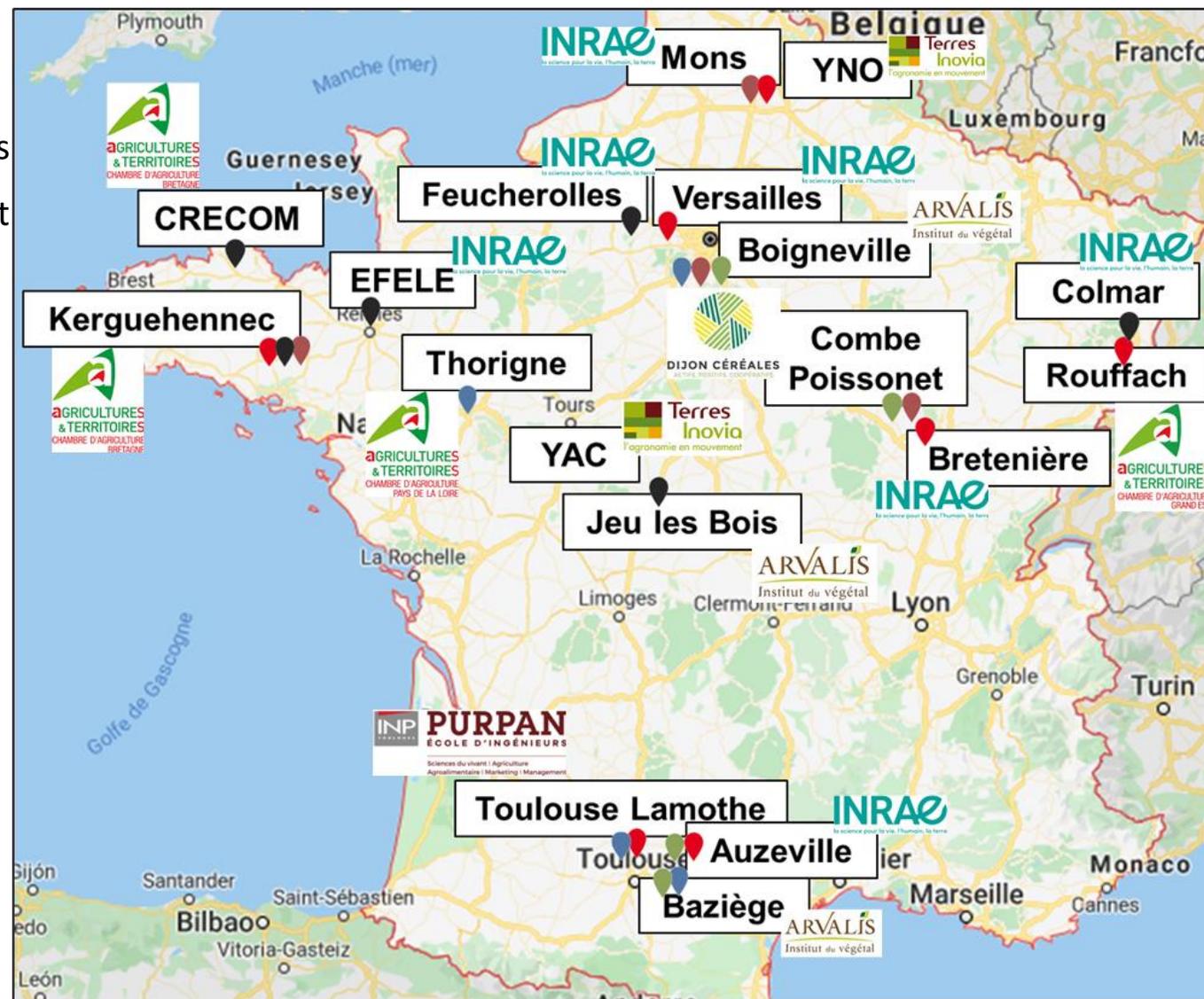
Avec vs. sans couverts (ref.)

Produits résiduaux organiques

Avec vs. sans apport PRO (ref.)

Systèmes de culture

Syst. Innovant ou bio. vs. Syst. conventionnel (ref.)



Indicateurs physico-chimiques et microbiologiques mesurés

Indicateurs physico-chimiques

Observations terrain : Test bêche

- Niveau de compaction
- Taux de couverture du sol
- Taux de cailloux

Autres Paramètres

- Texture
- CEC
- pH,...

Fractionnement granulométrique MO

Fraction stables et Labiles MO

- C & N Tot, C org, C inorg
- C labile KMnO4

Abondances microbiennes

Abondance des microorganismes totaux

- Biomasse microbienne (MBC)
- ADN total

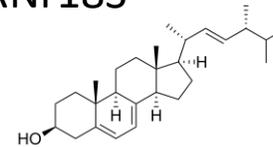


Abondance des bactéries

- Gènes codant ARNr16S

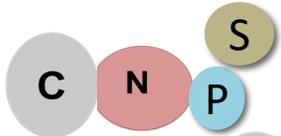
Abondance des champignons

- Gènes codant ARNr18S
- Ergostérol libre
- Ergostérol total



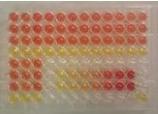
Activités microbiennes

Activités enzymatiques in situ

- FDA 
- β- Glucosidase 



- Leucine aminopéptidase
- Protéase
- Arylamidase 



Minéralisation C & N

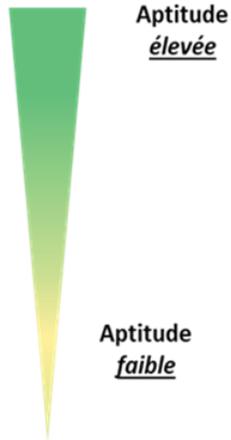
- Minéralisation C&N en 28 jours
- Azote potentiellement minéralisable
- Azote biologiquement minéralisable



Réponse des indicateurs aux pratiques culturales

Aptitude des indicateurs à discriminer les *modalités agronomiques*

Aptitude à discriminer les pratiques



- **Aptitude élevée** des indicateurs à répondre à l'apport de **PRO**
- **Aptitude discriminante différente** pour chaque indicateurs selon la pratique

 2 indicateurs de « référence » mesurés en routine (Benintende *et al.*, 2014)

Variables		PRO 13 comp.	Couverts Intermédiaires 10 comp.	Travail du sol 11 comp.	Rotations 5 comp.	Systèmes de culture 7 comp.
Variables physico-chimiques	C org (%)					
	C org Rock-Eval (g/kg)					
	C stable 100 ans (g/kg)					
	C 0-50 (%)					
	C 50-200 (%)					
	C 200-2000 (%)					
	C 50-2000 (%)					
	Carbone actif (g/kg)					
	C oxydé (mg/kg)					
	C labile 20 ans (g/kg)					
	N total (%)					
	N 0-50 (%)					
	N 50-200 (%)					
	N 200-2000 (%)					
N 50-2000 (%)						
Variables microbiologiques	ADN total (µg/g)					
	Biomasse microbienne (mg/kg)					
	16S (copies/g)					
	18S (copies/g)					
	Ergostérol total (mg/kg)					
	Ergostérol libre (mg/kg)					
	Ergostérol lié (mg/kg)					
	18S/16S					
	FDA (nmol/min/g)					
	Activité protéase (nmol/min/g)					
	LAP (nmol/min/g)					
	Arylamidase (nmol/min/g)					
	N minéralisé (mg/kg 28 j)					
	APM (mg/kg)					
	ABM (mg/kg)					
	Glucosidase (nmol/min/g)					
	C minéralisé (mg/kg 28j)					

Réponse des indicateurs aux pratiques culturales

Aptitude des indicateurs à discriminer les modalités agronomiques

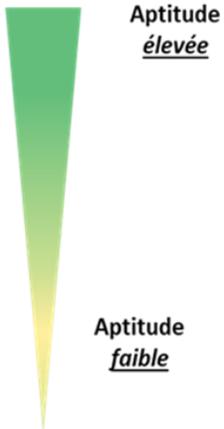


2 indicateurs de « référence » mesurés en routine (Benintende *et al.*, 2014)



Variables retenues comme indicateurs menu Microbioterre selon leur aptitude discriminante toutes pratiques confondues

Aptitude à discriminer les pratiques



10 indicateurs retenus

7 indicateurs retenus

	Variables	PRO 13 comp.	Couverts intermédiaires 10 comp.	Travail du sol 11 comp.	Rotations 5 comp.	Systèmes de culture 7 comp.	Toutes pratiques
Variables physico-chimiques	C org (%)						
	C org Rock-Eval (g/kg)						
	C stable 100 ans (g/kg)						
	C 0-50 (%)						
	C 50-200 (%)						
	C 200-2000 (%)						
	C 50-2000 (%)						
	Carbone actif (g/kg)						
	C oxydé (mg/kg)						
	C labile 20 ans (g/kg)						
	N total (%)						
	N 0-50 (%)						
	N 50-200 (%)						
	N 200-2000 (%)						
	N 50-2000 (%)						
Variables microbiologiques	ADN total (µg/g)						
	Biomasse microbienne (mg/kg)						
	16S (copies/g)						
	18S (copies/g)						
	Ergostérol total (mg/kg)						
	Ergostérol libre (mg/kg)						
	Ergostérol lié (mg/kg)						
	18S/16S						
	FDA (nmol/min/g)						
	Activité protéase (nmol/min/g)						
	LAP (nmol/min/g)						
	Arylamidase (nmol/min/g)						
	N minéralisé (mg/kg 28 j)						
	APM (mg/kg)						
	ABM (mg/kg)						
Glucosidase (nmol/min/g)							
C minéralisé (mg/kg 28j)							

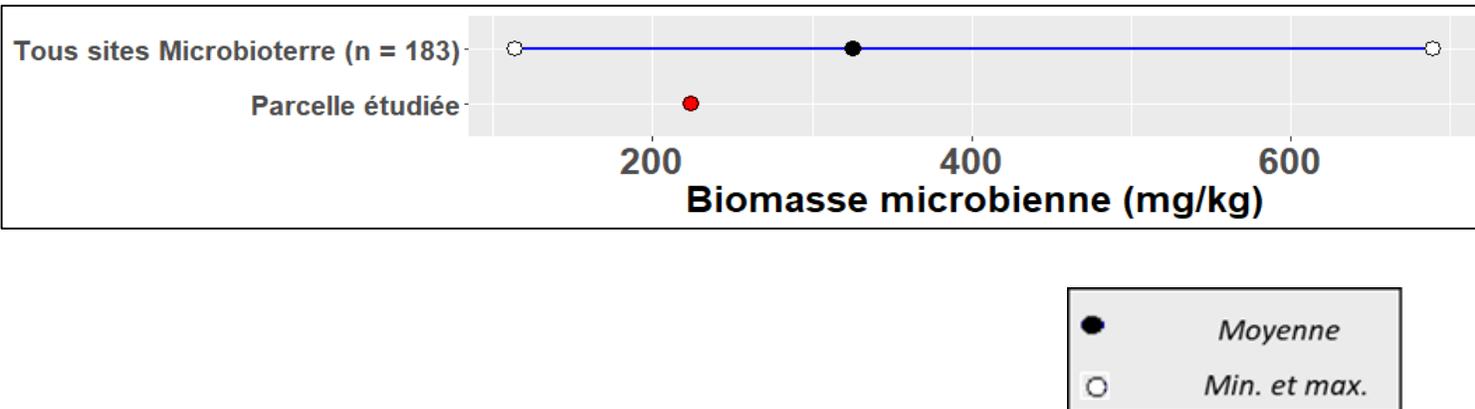
Construction du référentiel global

1^{er} niveau d'interprétation : Valeur comprise dans le référentiel Microbioterre ?

n = 183 observations

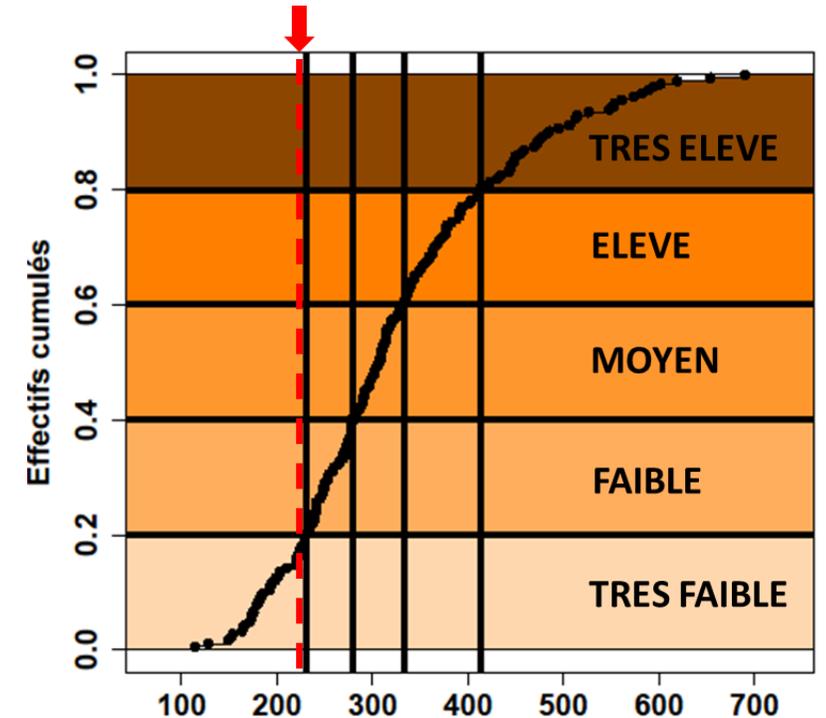
Tous sites – Toutes pratiques culturales

Exemple d'un indicateur μ biologique :
Biomasse microbienne



→ **Valeur de biomasse microbienne comprise** dans référentiel Microbioterre

2^{ème} niveau d'interprétation : Niveau de l'indicateur ?



5 classes de niveaux d'indicateurs : 20% du nombre d'observations totales dans chaque classe de niveau

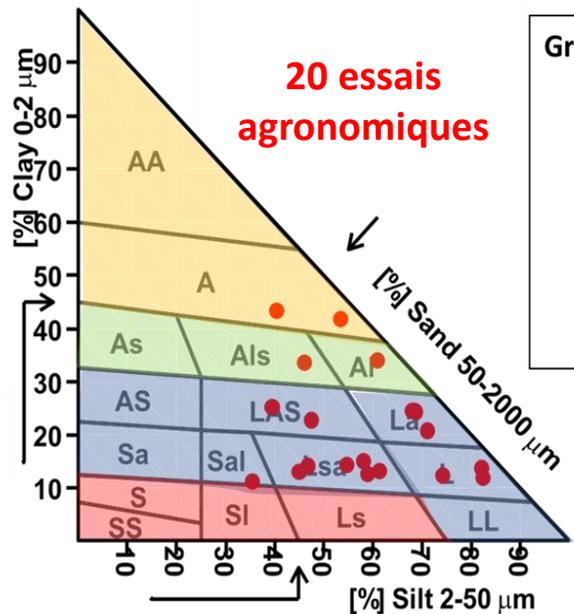
Travaux Université Cornell (2017)

→ **Valeur très faible** de l'indicateur

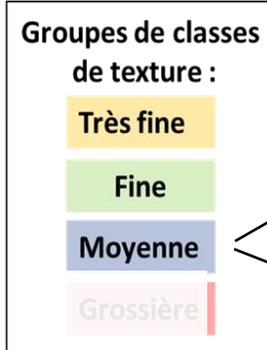
Construction des sous-référentiels par classe de texture

Exemple d'un indicateur μ biologique : Biomasse microbienne

Triangle des textures GEPPA



20 essais agronomiques



Argile > 20%
Moyenne fine

Argile < 15%
Moyenne grossière

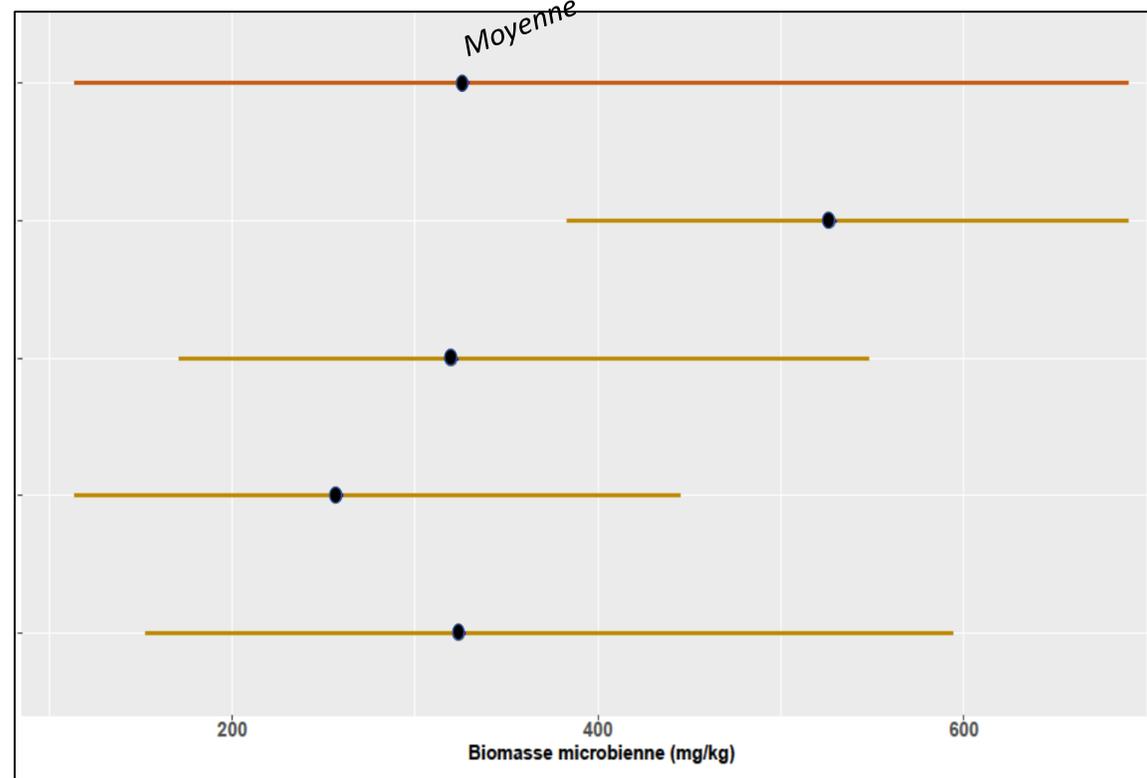
Référentiel global (n = 183)

Très fine (n = 21)

Fine (n = 15)

Moyenne fine (n = 57)

Moyenne grossière (n = 90)



Effectifs trop restreints pour constituer les classes

Pour certains groupes de classes de texture (**Textures très fine & fine**) :
Nombres d'observations très faibles
 → **Construction des sous-référentiels** par texture *mais* pas encore assez fournis

Aptitude des indicateurs à renseigner les niveaux de fonctions

Fonctions & processus étudiés

Détails dans le guide
Microbioterre page 12

3 fonctions du sol	Processus	Processus qui conduit vers
Recyclage des nutriments	Ammonification	Fourniture d'azote (ions NH ₄ & NO ₃ ⁻)
	Nitrification	
	Fixation symbiotique	
	Lixiviation	Perte d'azote (Percolation, N forme gazeuse)
	Réduction du NO ₃ (émission N ₂ O)	
	Volatilisation	
Transformation du carbone	Fragmentation	Transformation de la MO (MO particulaires & substrats transformés)
	Biodégradation	
	Minéralisation (CO ₂)	Perte de MO
	Stabilisation chimique / humification	Augmentation de MO (Protection par adsorption ou agrégats)
	Stabilisation physique / protection	
Structure du sol	Agrégation (Macro)	Erosion et la battance (Assemblage des particules du sol)
	Agrégation (Micro)	
	Aération / circulation eau - air	Porosité (« Vides » du sol)
	Infiltration en eau	
	Rétention en eau	Stockage d'eau

Relations Indicateurs retenus – Fonctions du sol

Indicateurs du menu	Recyclage des nutriments					Transformation du carbone					Structure du sol						
	Fourniture N			Perte N		Transformation MO		Perte MO			Augmentation MO		Erosion Battance		Porosité		Stockage eau
	Ammonification	Nitrification	Fixation symbiotique	Réduction du NO3	Volatilisation	Fragmentation	Biodégradation	Minéralisation (CO2)	Stabilisation chimique	Stabilisation physique	Agrégation (Macro)	Agrégation (Micro)	Aération/Circulation eau - air	Infiltration en eau	Rétention en eau		
C org (%)	+	+		+				+	+	+	+	+	+	+	+		
C 0-50 µm (%)									+								
C 50-200 µm (%)								+			+						
C 200-2000 µm (%)						+		+									
C KMnO4 (mg/kg)				+				+			+		+	+	+		
N total (%)	+	+	-														
N 0-50 µm (%)																	
N 50-200 µm (%)	+	+															
C microbien (mg/kg)								+			+						
18S (copies/g)											+						
LAP (nmol/min/g)	+	+															
ARYLN (nmol/min/g)	+																
Protéase (nmol/min/g)	+	-						+			+						
ABM (mg/kg)	+				+						+						
B-Glu (nmol/min/g)	+	+						+				+					

Lien Indicateur / Fonction		
	Relation positive	Relation négative
Relation forte $r > 0,8$	+	-
Relation moyenne r entre 0,4 et 0,8	+	-
Relation faible $r < 0,4$	+	-
Avis d'experts	+	-
Lien <u>non identifié</u>		

- Globalement, chaque **indicateur** retenu renseigne sur **au moins une fonction du sol**
- Résultats valorisés dans le **diagnostic Microbioterre**

Microbioterre : De l'indicateur au conseil en agriculture

Renseignement des pratiques & Objectifs de l'agriculteur

- Le **système de culture** (types de culture, rotation, durée, etc.)
- Intensité et type de **travail du sol**
- Apports de **Produits Résiduaire Organiques** (disponibilités, types, ...)
- Implantation et gestion des **couverts intermédiaires**
- Pratiques de **fertilisation, amendements et pratiques phytosanitaires**

- Combiné à une méta-analyse (147 articles)
- **Rotation** : allongement/introduction de légumineuses
- SdC : Bio, TCS, bas niveaux d'intrants...

Lien Indicateur / Fonction	Relation	
	positive	négative
Relation forte $r > 0,8$	+	-
Relation moyenne r entre 0,4 et 0,8	+	-
Relation faible $r < 0,4$	+	-
Avis d'experts	+	-
Lien non identifié		

Relations Indicateurs / Fonctions

Relations Indicateurs / Pratiques

Indicateurs du menu	Recyclage des nutriments					Transformation du carbone					Structure du sol						
	Fourniture N			Perte N		Transformation MO		Perte MO			Augmentation MO		Erosion Battance		Porosité		Stockage eau
	Ammonification	Nitrification	Fixation symbiotique	Réduction du NO3	Volatilisation	Fragmentation	Biodégradation	Minéralisation (CO2)	Stabilisation chimique	Stabilisation physique	Agrégation (Macro)	Agrégation (Micro)	Aération/Circulation eau - air	Infiltration en eau	Rétention en eau		
C org (%)	+	+		+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	
C 0-50 µm (%)									+								
C 50-200 µm (%)								+									
C 200-2000 µm (%)						+		+									
C KMnO4 (mg/kg)				+				+				+	+	+	+		
N total (%)	+	+	-														
N 0-50 µm (%)	+	+															
N 50-200 µm (%)	+	+															
C microbien (mg/kg)								+			+						
18S (copies/g)																	
LAP (nmol/min/g)	+	+															
ARYLN (nmol/min/g)	+																
Protéase (nmol/min/g)	+	-															
ABM (mg/kg)	+				+												
B-Glu (nmol/min/g)	+	+						+				+					

Indicateurs du Menu Microbioterre		PRO	Couverts intermédiaires	Réduction travail du sol	Rotation	Systèmes de culture	
Indicateurs physico-chimiques	Carbone	C org (%)	16%	6%	2%	4%	
		C 0-50 (%)	-4%	-3%	-2%	-1%	
		C 50-200 (%)	35%	42%	3%	-5%	
		C 200-2000 (%)	16%	27%	10%	-3%	
		C 50-2000 (%)	27%	37%	22%	-4%	
	C labile oxydé (mg/kg)	32%	2%	6%	13%	7%	
	Azote	N total (%)	19%	5%	4%	13%	5%
		N 0-50 (%)	-3%	0%	0%	1%	-1%
		N 50-200 (%)	40%	10%	6%	-8%	10%
		N 50-2000 (%)	34%	6%	5%	-12%	13%
Biomasse microbienne (mg/kg)		38%	7%	7%	23%	20%	
Indicateurs biologiques	18S (copies/g)	82%	29%	42%	65%	4%	
	ABM (mg/kg)	36%	12%	-1%	8%	1%	
	Protéase (nmol/min/g)	26%	11%	-9%	7%	15%	
	ARYLN (nmol/min/g)	22%	9%	1%	18%	12%	
	LAP (nmol/min/g)	36%	17%	10%	30%	21%	
B-Glu (nmol/min/g)	11%	-6%	-20%	24%	14%		

Choix indicateurs
Quelle(s) fonction(s) optimiser ?

Quel(s) levier(s) mobiliser ?

Diagnostic

▶ Pratique culturelle impactant *positivement* l'indicateur
▶ Pratique culturelle *influençant peu* l'indicateur
▶ Pratique culturelle impactant *négativement* l'indicateur

Livrables principaux et communications

Déjà accessibles

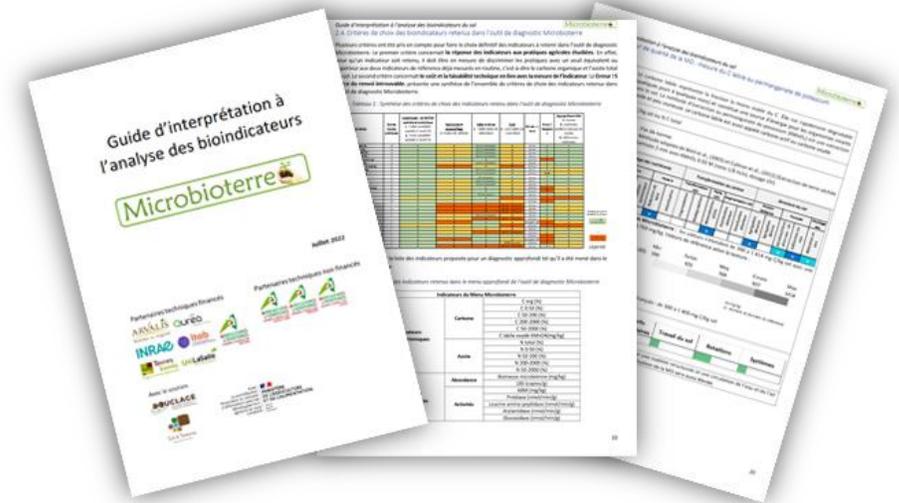
- Livrables méthodologiques
 - Cahier des charges de sélection des essais
 - Liste des essais et modalités retenus
 - **Mode opératoire de prélèvement**
- Supports de communication (colloque de restitution, journées COMIFER-GEMAS, posters scientifiques,...)

Bientôt accessibles (Janvier 2025)

- Compte-Rendu des travaux relation indicateur/fonction
- Inventaire des publications étudiées
- Base de données complètes (sous conditions)

- **Guide d'interprétation à l'analyse des bioindicateurs**
- **Modules de formation**

Site internet Arvalis, Terres Inovia, Unilasalle



- <http://www.rmt-fertilisationenvironnement.org/moodle/course/view.php?id=154>
- <https://www.terresinovia.fr/-/un-guide-pour-evaluer-la-fertilite-biologique-des-sols>

Guide d'interprétation à l'analyse des bioindicateurs

Fiches bioindicateurs - Exemple de l'activité protéase (*Cycle N*)

Définition	La protéase est une enzyme permettant aux microorganismes du sol de se fournir en carbone. L'activité de la protéase est impliquée dans le cycle de l'azote en participant à la décomposition et minéralisation des molécules organiques azotées, tels que les protéines et les peptides, en acides aminés.																																																																																
Unité	nanomole par minute et par gramme de sol sec																																																																																
Norme	La méthode de mesure est basée sur un dosage en colorimétrie suivant le protocole de Ladd & Butler, (1972)																																																																																
Relation avec les fonctions du sol	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Recyclage des nutriments</th> <th colspan="3">Transformation du carbone</th> <th colspan="3">Structure du sol</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Fourniture N</th> <th colspan="2">Perte N</th> <th colspan="2">Transformation MO</th> <th>Perte MO</th> <th colspan="2">Augmentation MO</th> <th>Erosion Battance</th> <th>Porosité</th> <th>Stockage eau</th> </tr> <tr> <th>Ammonification</th> <th>Nitrification</th> <th>Fixation symbiotique</th> <th>Réduction du NO3</th> <th>Volatilisation</th> <th>Fragmentation</th> <th>Biodégradation</th> <th>Minéralisation (CO2)</th> <th>Stabilisation chimique</th> <th>Stabilisation physique</th> <th>Agrégation (Macro)</th> <th>Agrégation (Micro)</th> <th>Aération/Circulation eau - air</th> <th>Infiltration en eau</th> <th>Rétention en eau</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">+</td> <td style="background-color: #e31a1c; color: white;">-</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">+</td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">+</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Lien Indicateur / Fonction</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Relation positive</th> <th>Relation négative</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Relation forte $r > 0,8$</td> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">+</td> <td style="background-color: #e31a1c; color: white;">-</td> </tr> <tr> <td>Relation moyenne r entre 0,4 et 0,8</td> <td style="background-color: #0070c0; color: white;">+</td> <td style="background-color: #e31a1c; color: white;">-</td> </tr> <tr> <td>Relation faible $r < 0,4$</td> <td style="background-color: #00a0e3; color: white;">+</td> <td style="background-color: #e31a1c; color: white;">-</td> </tr> <tr> <td>Avis d'experts</td> <td style="background-color: #00c0e3; color: white;">+</td> <td style="background-color: #e31a1c; color: white;">-</td> </tr> <tr> <td>Lien non identifié</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Recyclage des nutriments					Transformation du carbone			Structure du sol			Fourniture N			Perte N		Transformation MO		Perte MO	Augmentation MO		Erosion Battance	Porosité	Stockage eau	Ammonification	Nitrification	Fixation symbiotique	Réduction du NO3	Volatilisation	Fragmentation	Biodégradation	Minéralisation (CO2)	Stabilisation chimique	Stabilisation physique	Agrégation (Macro)	Agrégation (Micro)	Aération/Circulation eau - air	Infiltration en eau	Rétention en eau	+	-						+			+					Lien Indicateur / Fonction				Relation positive	Relation négative	Relation forte $r > 0,8$	+	-	Relation moyenne r entre 0,4 et 0,8	+	-	Relation faible $r < 0,4$	+	-	Avis d'experts	+	-	Lien non identifié		
Recyclage des nutriments					Transformation du carbone			Structure du sol																																																																									
Fourniture N			Perte N		Transformation MO		Perte MO	Augmentation MO		Erosion Battance	Porosité	Stockage eau																																																																					
Ammonification	Nitrification	Fixation symbiotique	Réduction du NO3	Volatilisation	Fragmentation	Biodégradation	Minéralisation (CO2)	Stabilisation chimique	Stabilisation physique	Agrégation (Macro)	Agrégation (Micro)	Aération/Circulation eau - air	Infiltration en eau	Rétention en eau																																																																			
+	-						+			+																																																																							
Lien Indicateur / Fonction																																																																																	
	Relation positive	Relation négative																																																																															
Relation forte $r > 0,8$	+	-																																																																															
Relation moyenne r entre 0,4 et 0,8	+	-																																																																															
Relation faible $r < 0,4$	+	-																																																																															
Avis d'experts	+	-																																																																															
Lien non identifié																																																																																	
Gamme de variation	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Min</th> <th>Faible</th> <th>Moy</th> <th>Elevée</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Toutes textures (n = 183)</td> <td>2.3</td> <td>4.6</td> <td>6.6</td> <td>8.6</td> <td>17.3</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 100%; height: 15px; background: linear-gradient(to right, #ccc, #ccc, #ccc, #ccc, #ccc);"></div> </div> <p style="text-align: right; font-size: small;">En nmol/min/g () : nombre de données du référentiel</p>							Min	Faible	Moy	Elevée	Max	Toutes textures (n = 183)	2.3	4.6	6.6	8.6	17.3																																																															
	Min	Faible	Moy	Elevée	Max																																																																												
Toutes textures (n = 183)	2.3	4.6	6.6	8.6	17.3																																																																												
Pratiques culturales	<p>Hiérarchisation du poids des pratiques culturales ayant un effet sur l'indicateur :</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>PRO</th> <th>Couverts intermédiaires</th> <th>Travail du sol</th> <th>Rotations</th> <th>Systèmes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #008000; width: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table>						PRO	Couverts intermédiaires	Travail du sol	Rotations	Systèmes																																																																						
PRO	Couverts intermédiaires	Travail du sol	Rotations	Systèmes																																																																													
Interprétation	Une valeur élevée va se traduire par une fourniture en azote , une minéralisation de la MO et une stabilité structurale potentiellement élevées .																																																																																

Apports & perspectives du projet Microbioterre

Quels indicateurs choisir pour évaluer la fertilité biologique des sols en lien avec les fonctions de dégradation des MO et le recyclage de nutriments ?

Biomasses microbiennes

Activités enzymatiques microbiennes

Minéralisations C & N



Comment interpréter ces mesures d'indicateurs ?

- Besoin d'un **référentiel**
- Besoin de clarifier les **relations Indicateurs / Fonctions**

Indicateurs retenus dans le menu Microbioterre (fiches indicateurs – Guide)



Perspectives :

- Cycles P, S,...
- Suivis temporels

Référentiel global



Perspectives :

- **Consolidation** référentiel & **Sous-référentiels** (par texture,...)
- **Harmoniser les méthodes**
- Intérêt d'établir une **base commune** pour harmoniser les conseils ?

Quels leviers activer pour **optimiser** les **fonctions des sols** selon les objectifs de l'agriculteur ?



Diagnostic possible dans différents contextes



Perspectives :

Poursuivre étude de l'impact de pratiques (couverts par ex.)

Merci pour votre attention

Merci à tout les contributeurs du projet

Pilote	Partenaires financés	Partenaires non financés	Soutien
	     	  	  

Gestionnaires des dispositifs expérimentaux










Prestataires





