



gis **RELANCE**
AGRONOMIQUE

L'apport des indicateurs microbiologiques dans la gestion des restitutions organiques aux sols

Projet Microbioterre

Anne-Sophie Perrin
Terres Inovia

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

 **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

ARVALIS
Institut du végétal

UniLaSalle
Terre & Sciences

auréa
AgroSciences

INRAE
la science pour la vie, l'humain, la terre

AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE BRETAGNE

AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE ALSACE

ITAB
Institut Technique de l'Agriculture Biologique

AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE GRAND EST

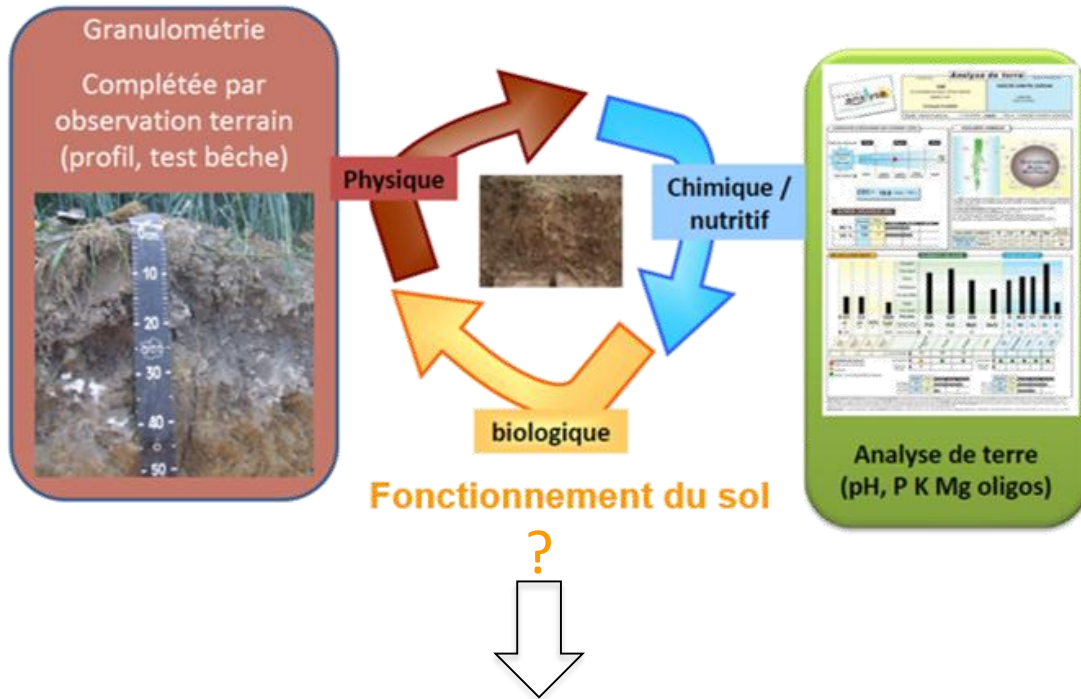
AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE SAOÛRE-ET-LOIRE

BOUCLAGE
Recyclage, Fertilisation, Impacts Environnementaux

Sols & Territoires
Niveau Météo Technologique

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Contexte et objectif du projet MicrobioTerre



Agro-écologie



ADN microbien
Champignons/
bactéries
Fractionnements
de la MO
...

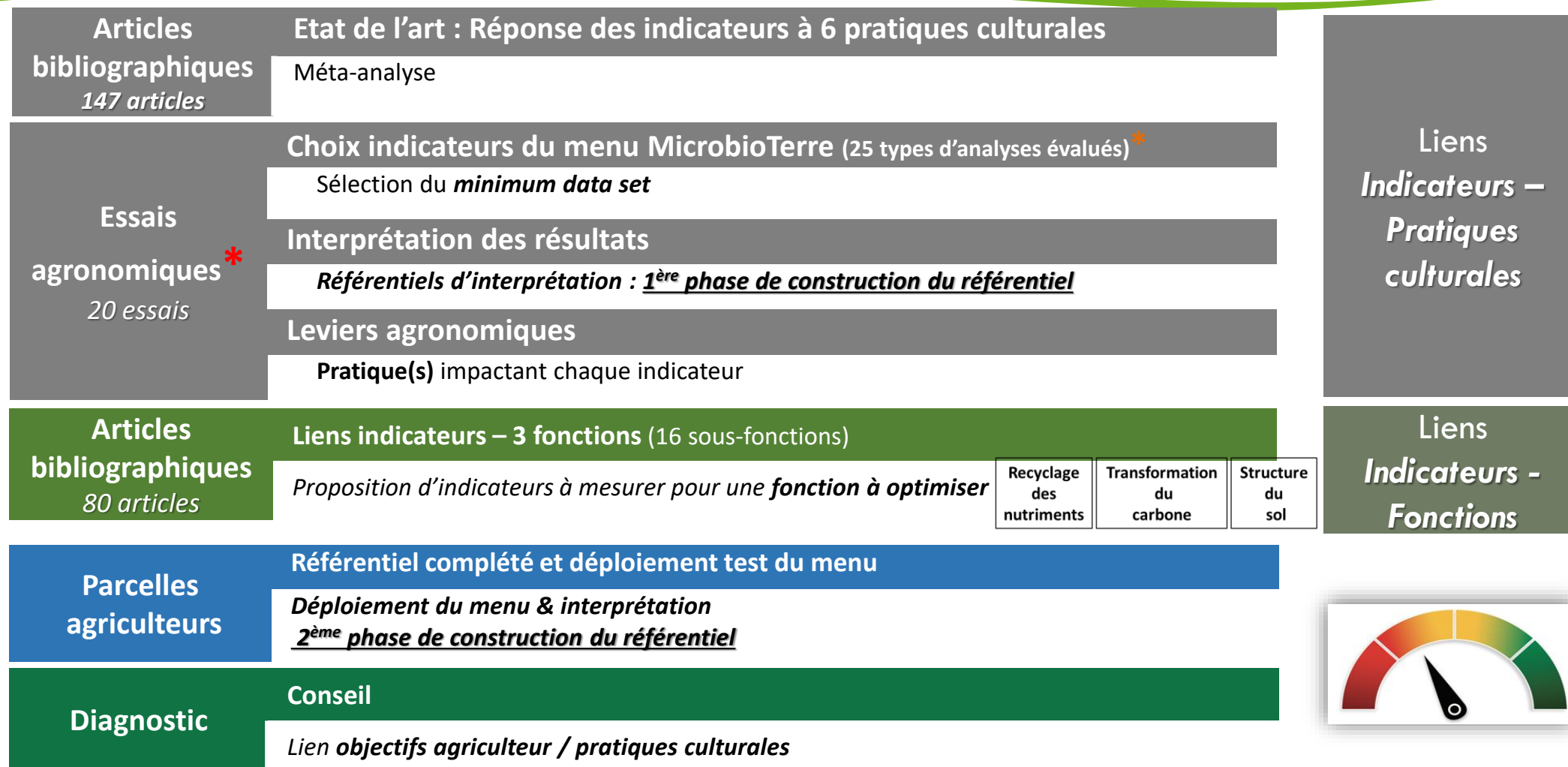
Biomasse
microbienne
Activités
enzymatiques
Potentiel de
minéralisation

C N



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

Le projet MicrobioTerre en bref



25 indicateurs mesurés sur 20 essais long-terme

Essais agronomiques Campagne 2017 - 2018

- 18 sites (20 essais)
- 61 modalités agronomiques
- Profondeur de prélèvement 0 – 20 cm

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.)

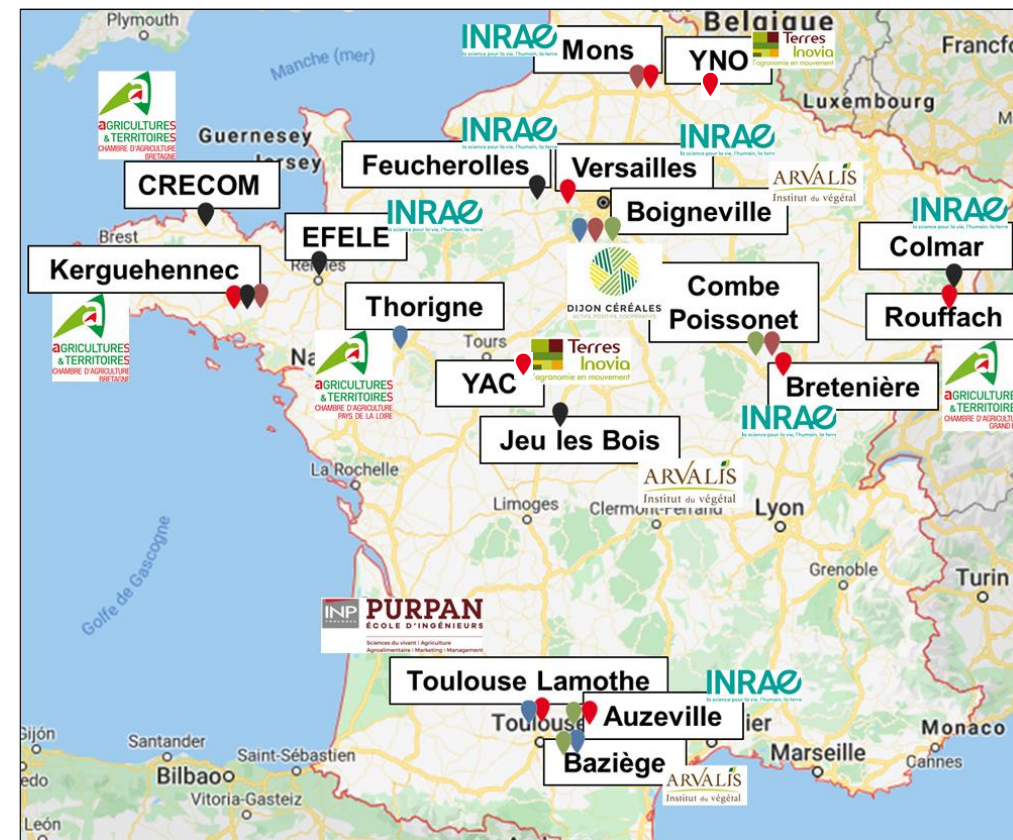
Produits résiduels organiques

Avec vs. sans apport PRO (ref.)

Systèmes de culture

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

Pratiques culturales :
Mises en place depuis
minimum 5 ans



Sélection de 12 indicateurs parmi 25

(redondance de l'information, variabilité spatiale, réponses aux pratiques, lien avec stockage C, coût et faisabilité technique)

Présenté en 2021 : <https://www.youtube.com/watch?v=85Copm9Bwvc>

Indicateurs retenus dans le projet Microbioterre

		Paramètre évalué	Variable
Analyses physico-chimiques	Carbone C	C organique total	Carbone Organique (référence)
		C organique stable	C fraction 0-50 µm
		C organique labile	C fraction 50-200 µm
			C fraction 200-2000 µm
			C fraction 50-2000 µm
			Carbone oxydé (C KMnO4)
	Azote N	N total	Azote Dumas (référence)
	N fraction stable	N fraction 0-50 µm	
	N fraction labile	N fraction 50-200 µm	
		N fraction 50-2000 µm	
Analyses microbiologiques	Abondance µbienne	Microorganismes totaux	C de la biomasse microbienne
		Champignons totaux	Biomasse fongique 18S
	Activités microbiennes	Activités enzymatiques Cycle N	Activité leucine aminopeptidase (LAP)
			Activité arylamidase (AryIN)
			Activité protéase
		Potentiel de minéralisation du N	Azote Biologiquement Minéralisable (ABM)
	Activités enzymatiques Cycle C	Activité β-glucosidase (βGlu)	

C dans les **fractions granulométriques**

POxC (C facilement minéralisable)

N dans les **fractions granulométriques**

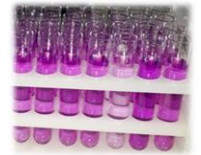
Quantités de **microorganismes**
(bactéries, champignons, ...)

Quantités de **champignons**

Activités **enzymatiques**
(en lien avec cycle du N)

Azote potentiellement minéralisable

Activités **enzymatiques** (en lien avec cycle du C)



Référentiels & interprétation

1^{ère} étape d'interprétation par indicateur :

Valeur comprise dans les référentiels MicrobioTerre ?

2^{ème} étape d'Interprétation par indicateur :

Niveau de l'indicateur ?

Exemple d'un indicateur biologique : la **biomasse fongique** (nombre de copie 18S/g)

Référentiel global
(n = 183)

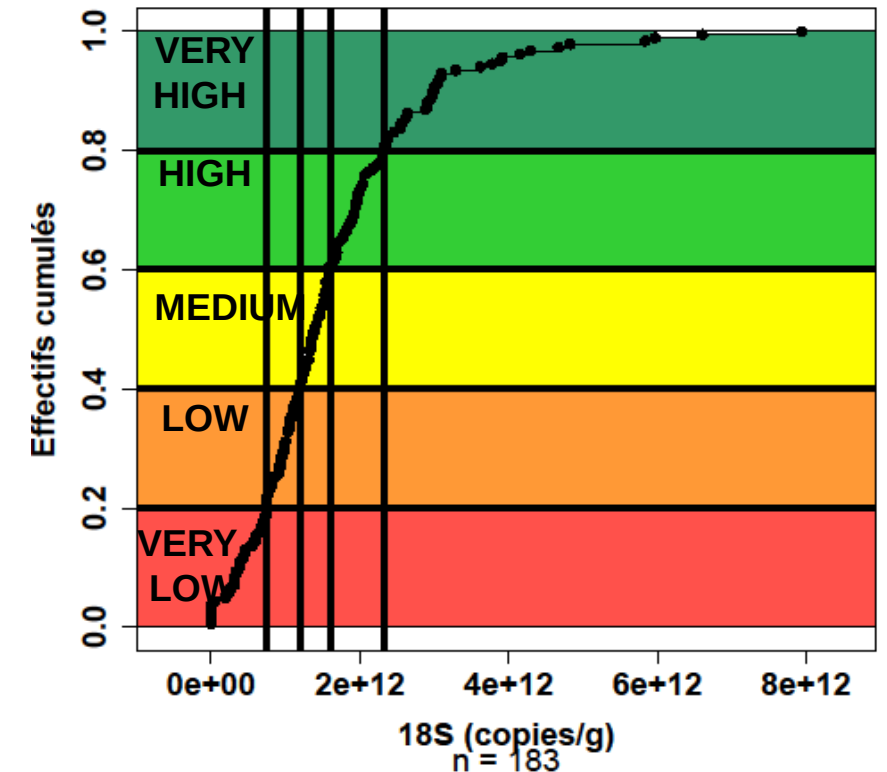
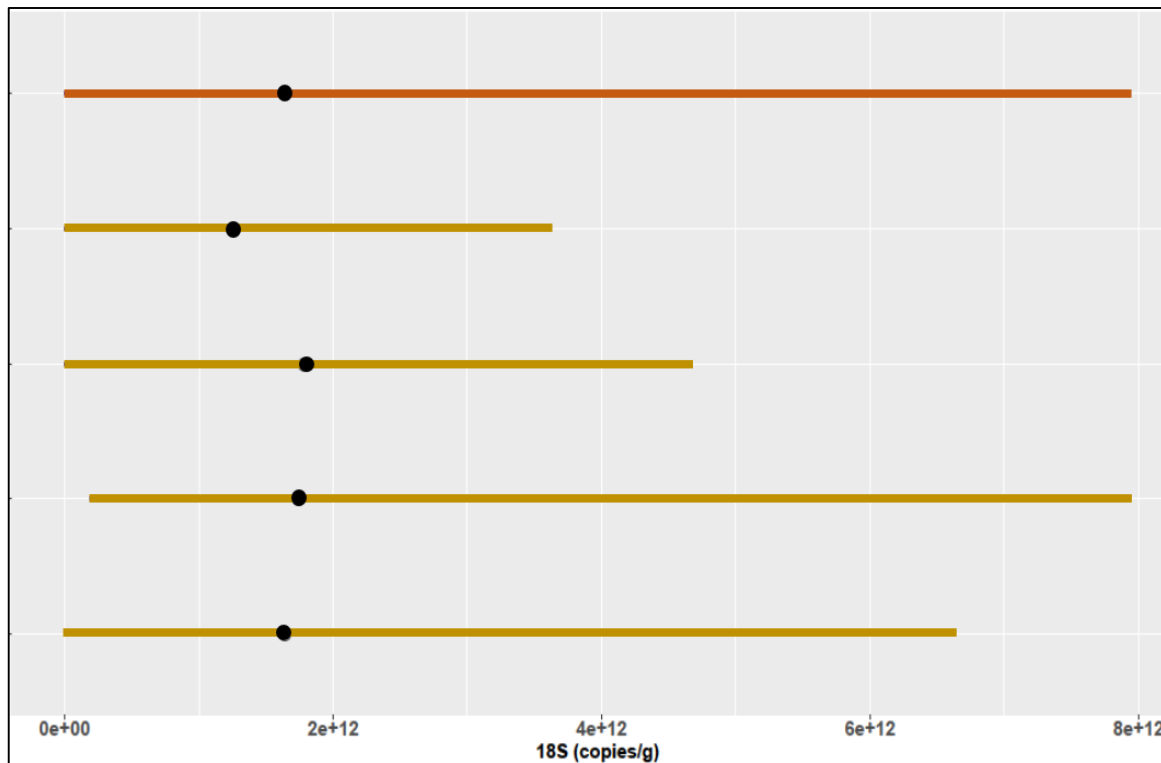
Très fine
(n = 21)

> 40 % MS
Fine
(n = 15)

entre 30 et 40 % MS
Moyenne fine
(n = 57)

entre 20 et 30 % MS
Moyenne grossière
(n = 90)

≤ 15 % MS



Le positionnement dans la distribution n'est pas suffisant pour évaluer un état !

Liens entre indicateurs microbiologiques et fonctions/processus du sol

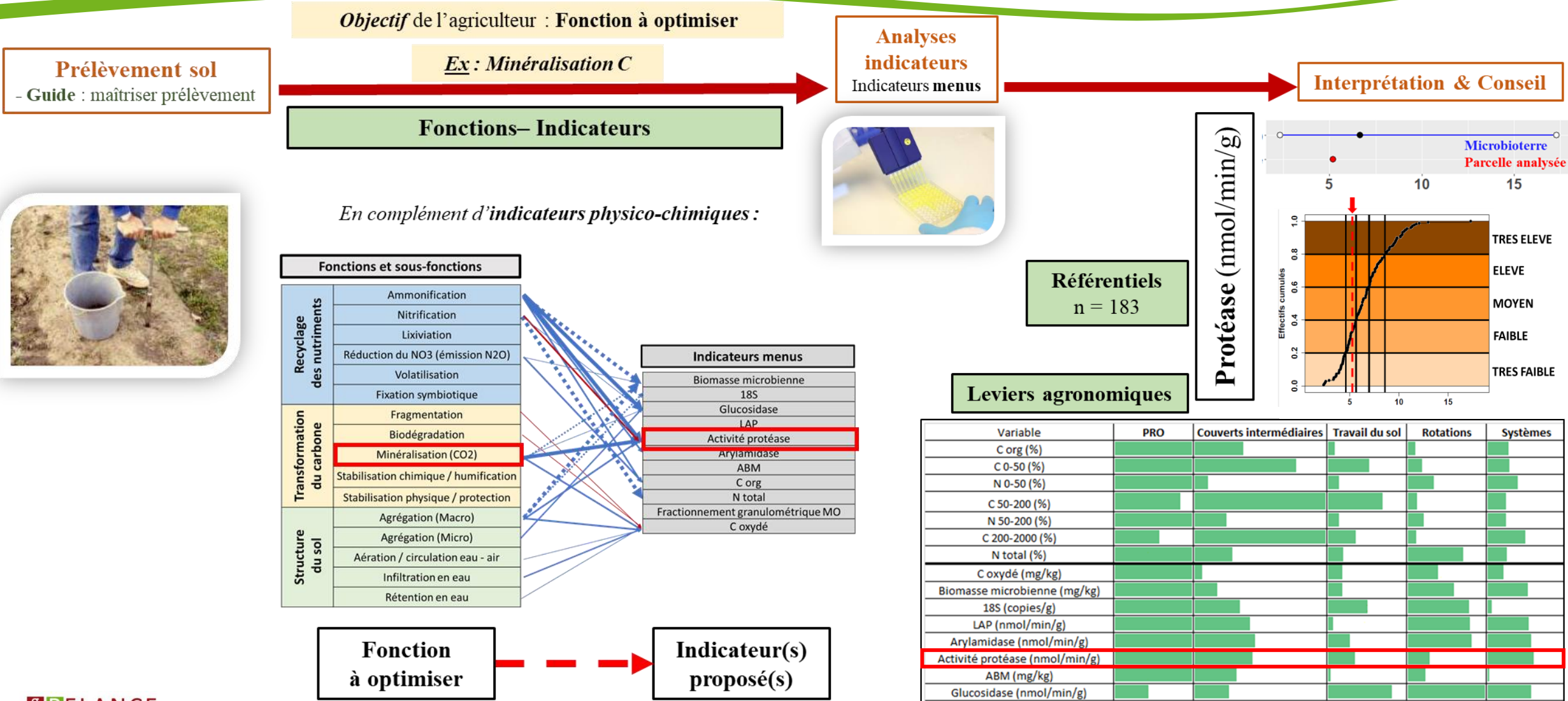
Indicateurs	Recyclage des nutriments					Transformation du carbone					Structure du sol				
	Fourniture N			Perte N		Transformation MO		Perte MO	Augmentation MO		Erosion Battance		Porosité		Stockage eau
	Ammonification	Nitrification	Fixation symbiotique	Réduction du NO3	Volatilisation	Fragmentation	Biodégradation	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 50-2000 µm (%)															
C KMnO4 (mg/kg)				+				+		+	+		+	+	+
N total (%)	+	+	-												
N 0-50 µm (%)															
N 50-200 µm (%)	+	+													
N 50-2000 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)	+	+						+				+			

Trois principales fonctions des sols agricoles
(d'après Kibblewhite et al., 2008)
(une 4ème étant la régulation des ravageurs et maladies)

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		

Analyses
bibliographiques
80 articles

Microbioterre : du prélèvement de sol au conseil en agriculture



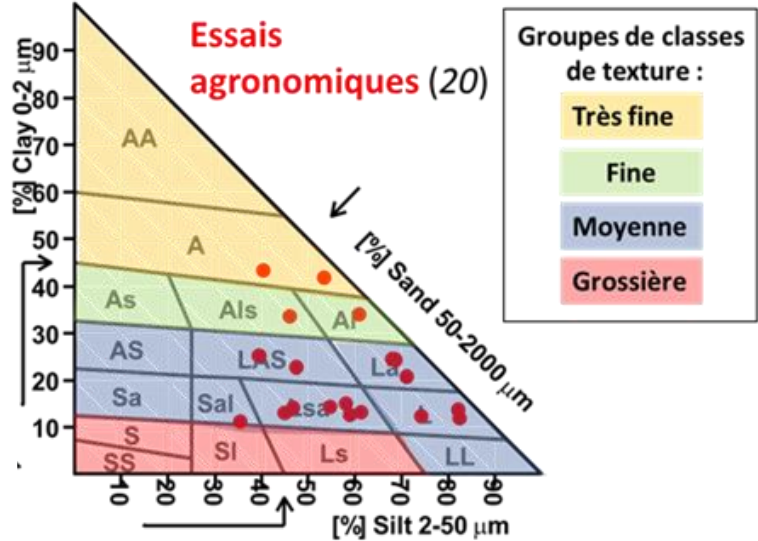
Limites et perspectives

Limites :

- Un référentiel à compléter
- Pas de valeurs d'états souhaitables des indicateurs

Paramètres des sols	Médiane	Minimum	Maximum
Matières organiques (%)	2,18	1,26	5,15
Teneur en calcaire (%)	0,1	0,1	13.2
pH eau	7,2	6	8,4
Teneur en argile (en %)	17,7	7,8	47,2

Gammes de variation des situations
pédologiques évaluées



Perspectives :

- **Consolider le référentiel** pour les différents contextes pédoclimatiques français
- Définir des **valeurs critiques / seuils**
- Approfondir les **relations entre indicateurs et fonctions** des sols agricoles

Livrables principaux et communication

Déjà accessible

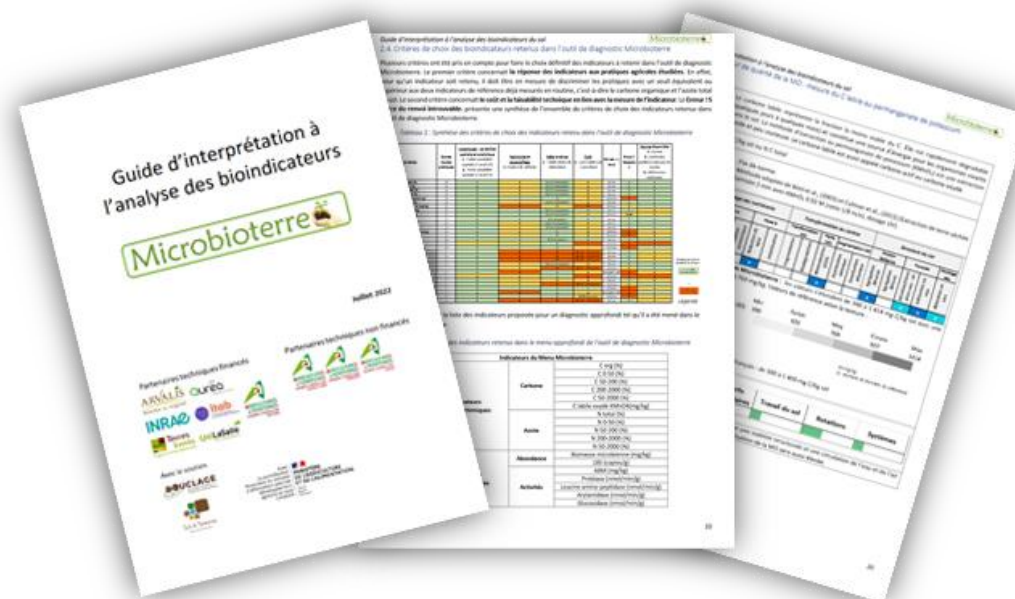
- Livrables méthodologiques
 - Cahier des charges de sélection des essais
 - Liste des essais et modalités retenues
 - Mode opératoire de prélèvement
- Support de communication (colloque de restitution, journées COMIFER-GEMAS, posters scientifiques,...)
- Article technique (Perspectives Agricoles, août 22)
- Article scientifique (Innovations Agronomiques, bientôt accessible)

Accessible à partir de janvier 2025

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

Guide d'interprétation à l'analyse des bioindicateurs

- Vocation à diffusion large
 - Site internet Arvalis, Terres Inovia...
 - Modules de formation





Merci pour votre attention

Merci aux contributeurs du projet :

Bouthier Alain^A, Deschamps Thibaud^A, Tscheiller Romain^A, Bennegadi-Laurent Nadia^B, Cusset Elodie^B, Riah-Anglet Wassila^B, Valé Matthieu^C, Perrin Anne-Sophie^D, Recous Sylvie^E, Roussel Pierre-Yves^F, Barbot Christophe^G, Houot Sabine^H, Leclerc Blaise^I, Lambert Yvon^F, Trinsoutrot-Gattin Isabelle^B

^AARVALIS, ^BUNILASALLE-Rouen, ^CAUREA AgroSciences, ^DTerres Inovia, ^EINRAE-UMR FARE, ^FChambre d'agriculture de Bretagne, ^GChambre d'agriculture d'Alsace, ^HINRAE-UMR ECOSYS, ^IITAB

Merci également aux gestionnaires des essais évalués dans le projet pour l'accès aux sites et les données fournies et aux laboratoires d'analyses prestataires (Célesta lab, RITTMO, SEMSE, Université de Lorraine)