

Microbioterre

CASDAR RT 2017-2021

Mise en place d'un outil de diagnostic d'état des sols agricoles en systèmes de grandes cultures et polycultures élevage

Cusset Elodie¹, Bennegadi-Laurent Nadia¹, Barbot Christophe², Bouthier Alain³, Deschamps Thibaud³, Houot Sabine⁴, Leclerc Blaise⁵, Perrin Anne-Sophie⁶, Recous Sylvie⁷, Riah-Anglet Wassila¹, Roussel Pierre-Yves⁸, Valé Matthieu⁹, Trinsoutrot-Gattin Isabelle¹

¹UNILASALLE, unité de recherche AGHYLE, ²Chambre d'agriculture d'Alsace, ³ARVALIS, ⁴INRAe – AgroParisTech UMR ECOSYS, ⁵ITAB, ⁶TERRES INOVIA, ⁷INRAe – URCA UMR FARE,

⁸Chambre d'agriculture de Bretagne, ⁹AUREA 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
- Volonté des agriculteurs de faire évoluer leur système de culture vers des **systèmes plus durables**

- **Agro-écologie**



ADN microbien
Champignons/
bactéries

Fractionnements
de la MO
...

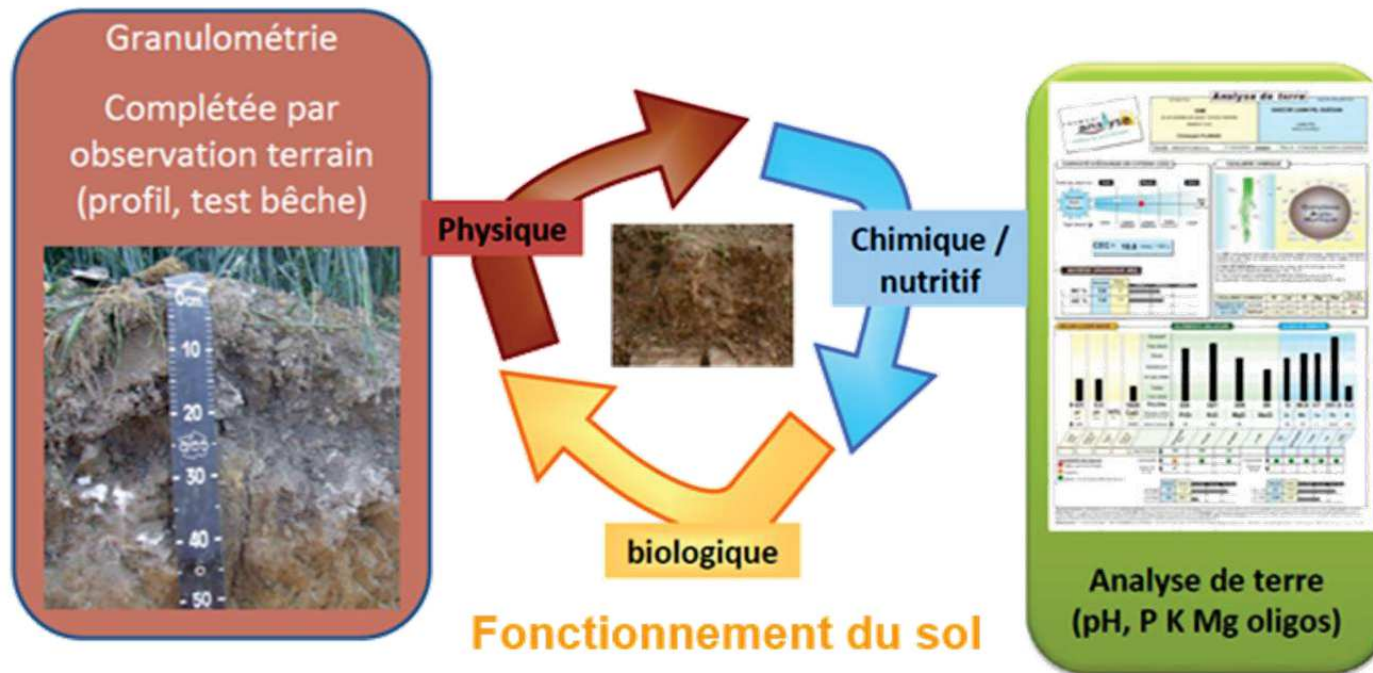
Biomasse
microbienne
Activités
enzymatiques

Potentiel de
minéralisation

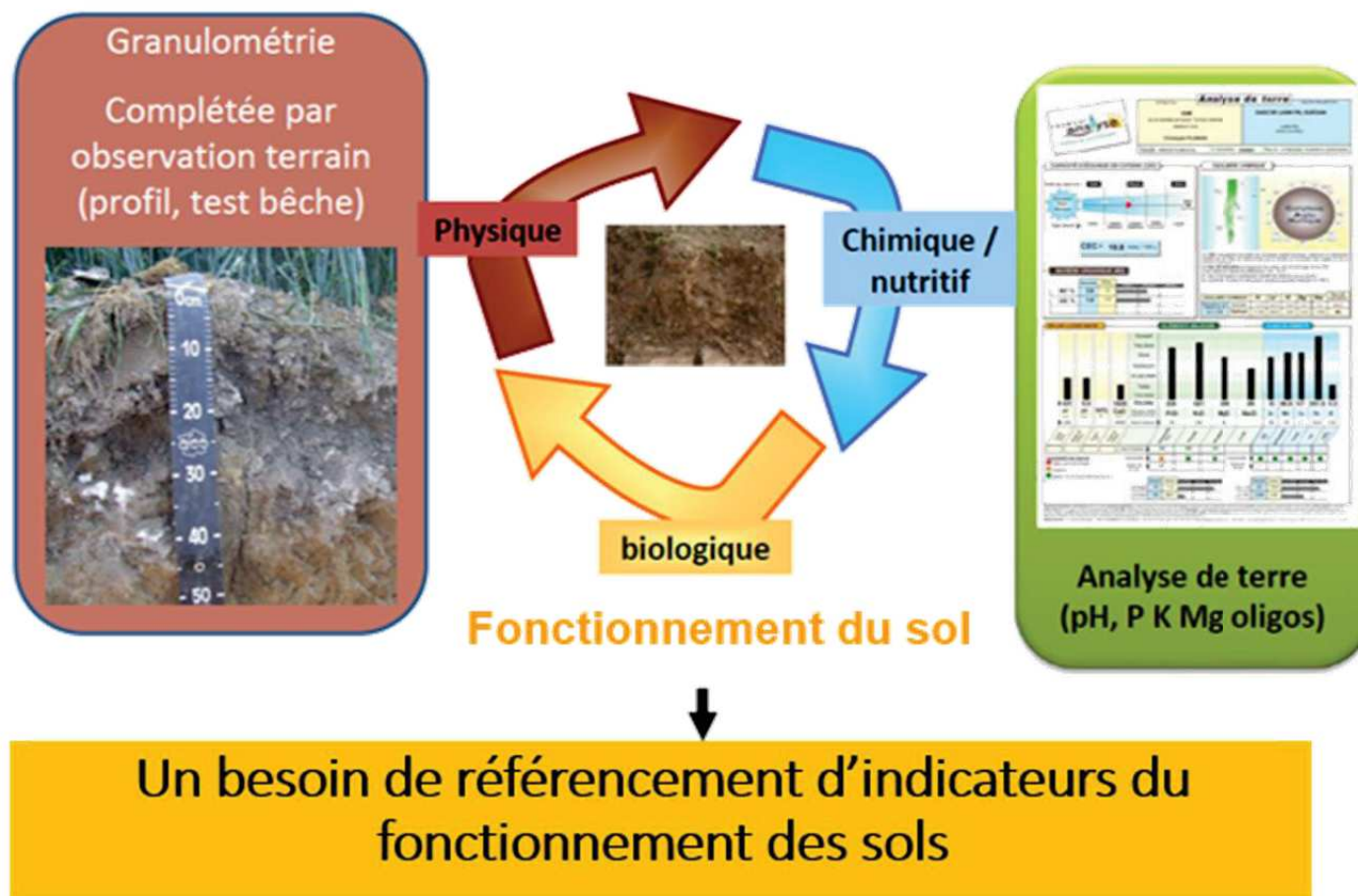
C
N



Contexte du projet Microbioterre



Contexte du projet Microbioterre



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



Sites expérimentaux et pratiques culturelles

18 sites

Profondeur de prélèvement

0 – 20 cm

Pratiques culturelles → Mises en place depuis minimum 5 ans

5 pratiques culturelles :

Durée de la rotation

Rotation longue vs. Rotation courte (ref.)

Travail du sol

Travail superficiel ou SD vs. Labour (ref.)

Couverts Intermédiaires

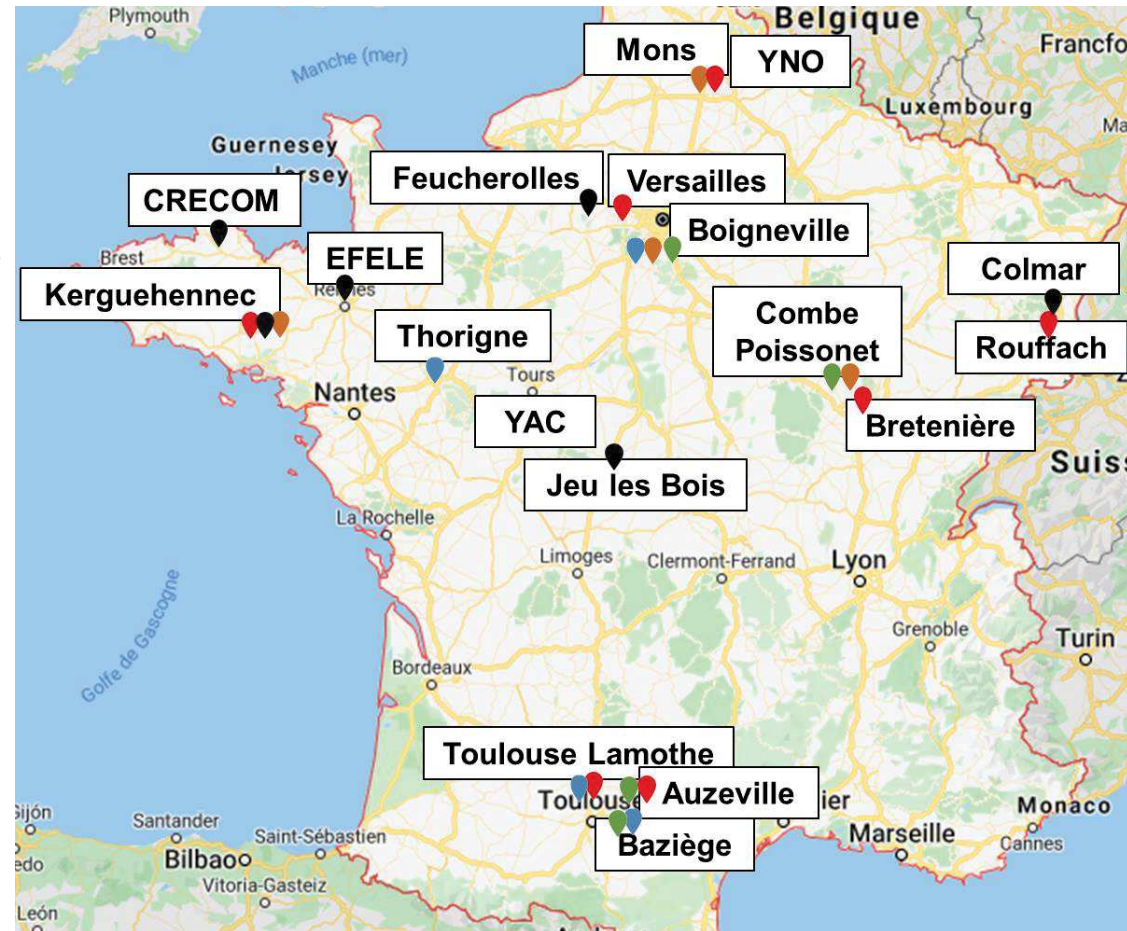
Avec vs. sans couverts (ref.)

Systèmes de culture

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

Produits résiduels organiques

Avec apport PRO vs. sans apport PRO (ref.)



Indicateurs physico-chimiques & biologiques mesurés

Indicateurs physico-chimiques

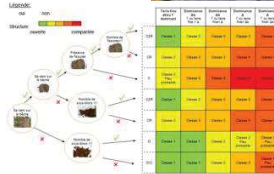
Observations terrain : Test bêche

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



Autres Paramètres

- ☐ Texture
- ☐ CEC
- ☐ pH,...



Fractionnement granulométrique MO

Fractions stables et labiles MO

- ☐ N Tot, C org
- ☐ C labile KMnO4

Indicateurs physico-chimiques & biologiques mesurés

Indicateurs physico-chimiques

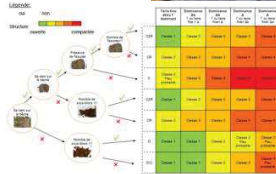
Observations terrain : Test bêche

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



Autres Paramètres

- ☐ Texture
- ☐ CEC
- ☐ pH,...



Fractionnement granulométrique MO

Fractions stables et labiles MO

- ☐ N Tot, C org
- ☐ C labile KMnO4

Abondances microbiennes

Abondance des microorganismes totaux

- ☐ Carbone microbien par fumigation
- ☐ ADN total



Abondance des bactéries

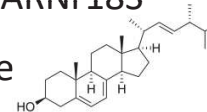
- ☐ Gènes codant ARNr16S

Abondance des champignons

- ☐ Gènes codant ARNr18S

- ☐ Ergostérol libre

- ☐ Ergostérol total



Indicateurs physico-chimiques & biologiques mesurés

Indicateurs physico-chimiques

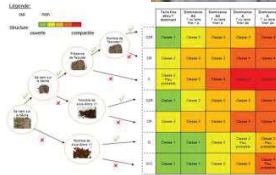
Observations terrain : Test bêche

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



Autres Paramètres

- ☐ Texture
- ☐ CEC
- ☐ pH,...



Fractionnement granulométrique MO

Fractions stables et labiles MO

- ☐ N Tot, C org
- ☐ C labile KMnO4

Abondances microbiennes

Abondance des microorganismes totaux

- ☐ Carbone microbien par fumigation
- ☐ ADN total



Abondance des bactéries

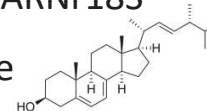
- ☐ Gènes codant ARNr16S

Abondance des champignons

- ☐ Gènes codant ARNr18S

- ☐ Ergostérol libre

- ☐ Ergostérol total



Activités microbiennes

Activités enzymatiques in situ

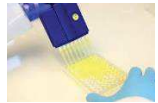
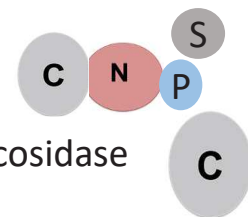
- ☐ FDA

- ☐ β- Glucosidase

- ☐ Leucine aminopéptidase

- ☐ Protéase

- ☐ Arylamidase



Minéralisation C & N

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



Microbioterre : De l'indicateur au conseil en agriculture

- Quels indicateurs proposés dans l'outil de diagnostic Microbioterre ?

Menu Microbioterre

Tous contextes agropédoclimatiques étudiés & fonctions visées

Microbioterre : De l'indicateur au conseil en agriculture

- Quels indicateurs proposés dans l'outil de diagnostic Microbioterre ?

Menu Microbioterre

Tous contextes agropédoclimatiques étudiés & fonctions visées

- Quels indicateurs mesurés pour quelle(s) fonction(s) à optimiser ?

Proposition de certains indicateurs du menu

Selon contexte agropédoclimatique & pertinence pour étudier la fonction ciblée

Recyclage des nutriments	Transformation du carbone	Structure du sol
--------------------------------	---------------------------------	------------------------

Microbioterre : De l'indicateur au conseil en agriculture

- Quels indicateurs proposés dans l'outil de diagnostic Microbioterre ?

Menu Microbioterre

Tous contextes agropédoclimatiques étudiés & fonctions visées

- Quels indicateurs mesurés pour quelle(s) fonction(s) à optimiser ?

Proposition de certains indicateurs du menu

Selon contexte agropédoclimatique & pertinence pour étudier la fonction ciblée

- Comment interpréter les résultats ?

Référentiels d'interprétation

Recyclage des nutriments	Transformation du carbone	Structure du sol
--------------------------------	---------------------------------	------------------------



Microbioterre : De l'indicateur au conseil en agriculture

- Quels indicateurs proposés dans l'outil de diagnostic Microbioterre ?

Menu Microbioterre

Tous contextes agropédoclimatiques étudiés & fonctions visées

- Quels indicateurs mesurés pour quelle(s) fonction(s) à optimiser ?

Proposition de certains indicateurs du menu

Selon contexte agropédoclimatique & pertinence pour étudier la fonction ciblée

- Comment interpréter les résultats ?

Référentiels d'interprétation

- Conseil agronomique : quels leviers agronomiques ?

Si nécessaire, proposition de **leviers pour optimiser la fonction visée**

5 pratiques culturales possibles, étudiées dans le projet

Recyclage des nutriments	Transformation du carbone	Structure du sol
--------------------------------	---------------------------------	------------------------



Indicateurs retenus pour l'outil Microbioterre

	Variables	PRO	Couverts	Wsol	Rotations	Systèmes	BILAN - 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 biologiques	ADN total (µg/g)						
	C microbien (fumigation) (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)						



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



Aptitude
élevée

Aptitude
faible

Indicateurs retenus pour l'outil Microbioterre

	Variables	PRO	Couverts	Wsol	Rotations	Systèmes	BILAN - 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 (%)						
Variables biologiques	N 200-2000 (%)						
	N 50-2000 (%)						
	ADN total (µg/g)						
	C microbien (fumigation) (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)						

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

Aptitude
élevée

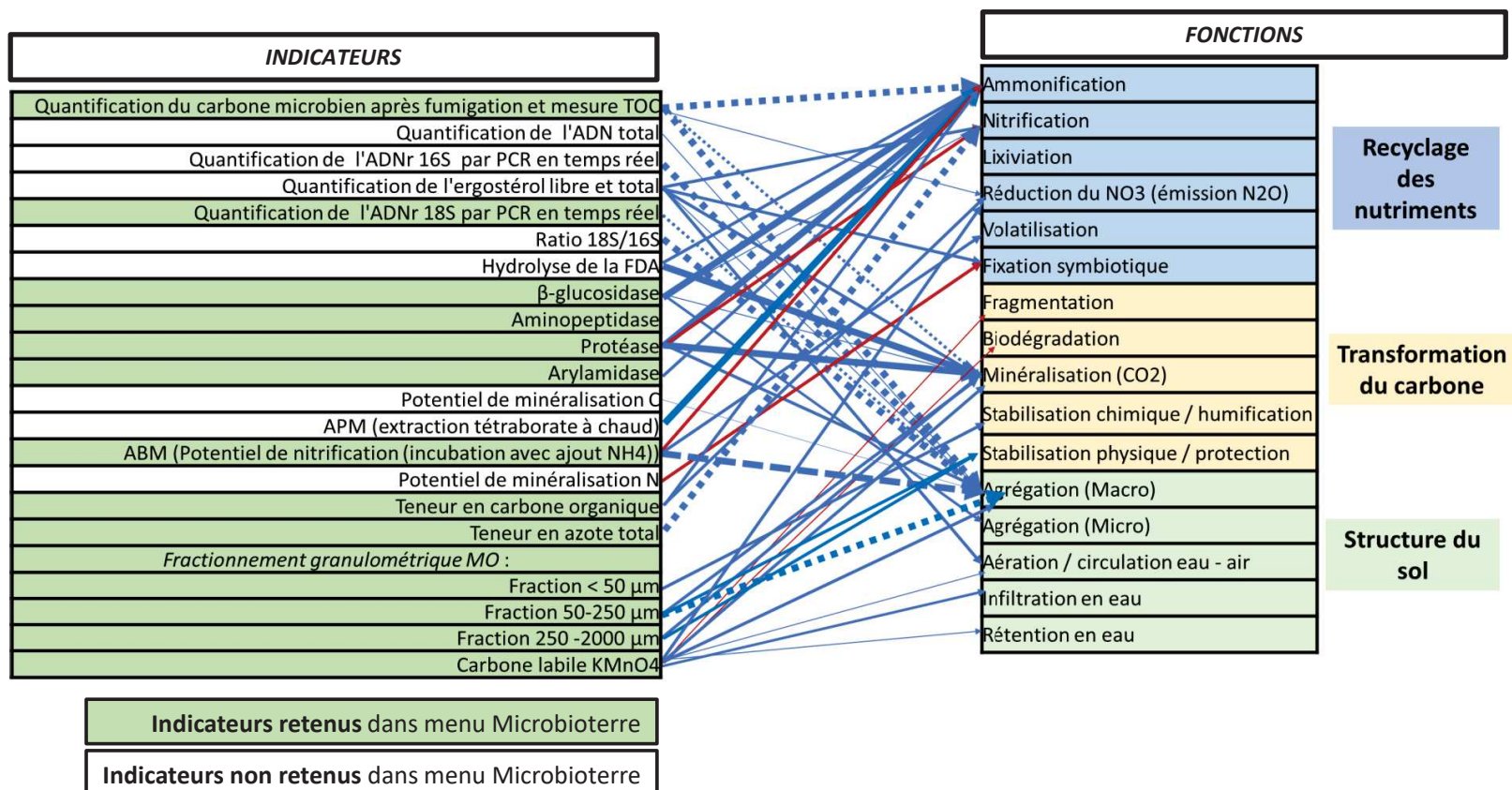
Aptitude
faible

Selon différents critères :

- **Aptitude discriminante** vis-à-vis des modalités agronomiques
- **Redondance** des indicateurs
- **Variabilité spatiale** des indicateurs
- **Coût et faisabilité technique**

Liens indicateurs mesurés / fonctions du sol

Etude bibliographique (80 articles)



Flèches pleines : pas d'équation entre I/F
Flèches en discontinu : existence d'équation entre I/F

Relation faible $r < 0,4$
Relation moyenne r entre 0,4 et 0,8
Relation forte $r > 0,8$

Bleu : relation positive entre I/F
Rouge : relation négative entre I/F

Référentiels d'interprétation des indicateurs du menu

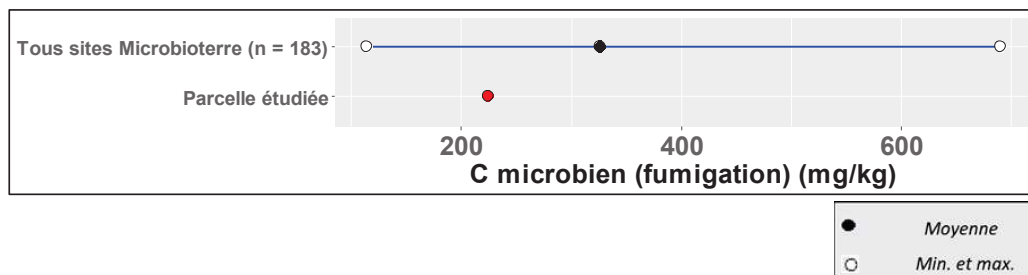
1^{er} niveau d'interprétation :

Valeur comprise dans le référentiel MicrobioTerre ?

Exemple d'un indicateur *µ*biologique : Carbone microbien par fumigation

n = 183 observations

Tous sites – Toutes pratiques culturales



→ Valeur de C microbien comprise dans référentiel Microbioterre

Référentiels d'interprétation des indicateurs du menu

1^{er} niveau d'interprétation :

Valeur comprise dans le référentiel MicrobioTerre ?

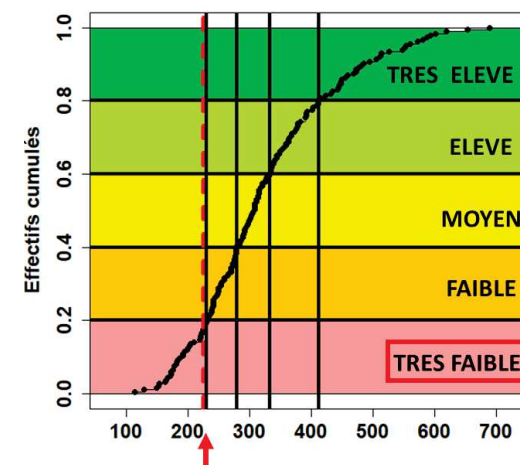
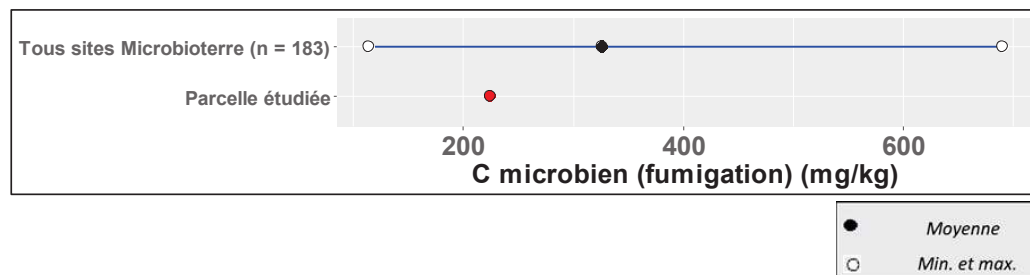
2^{ème} niveau d'interprétation :

Niveau de l'indicateur ?

Exemple d'un indicateur µbiologique : Carbone microbien par fumigation

n = 183 observations

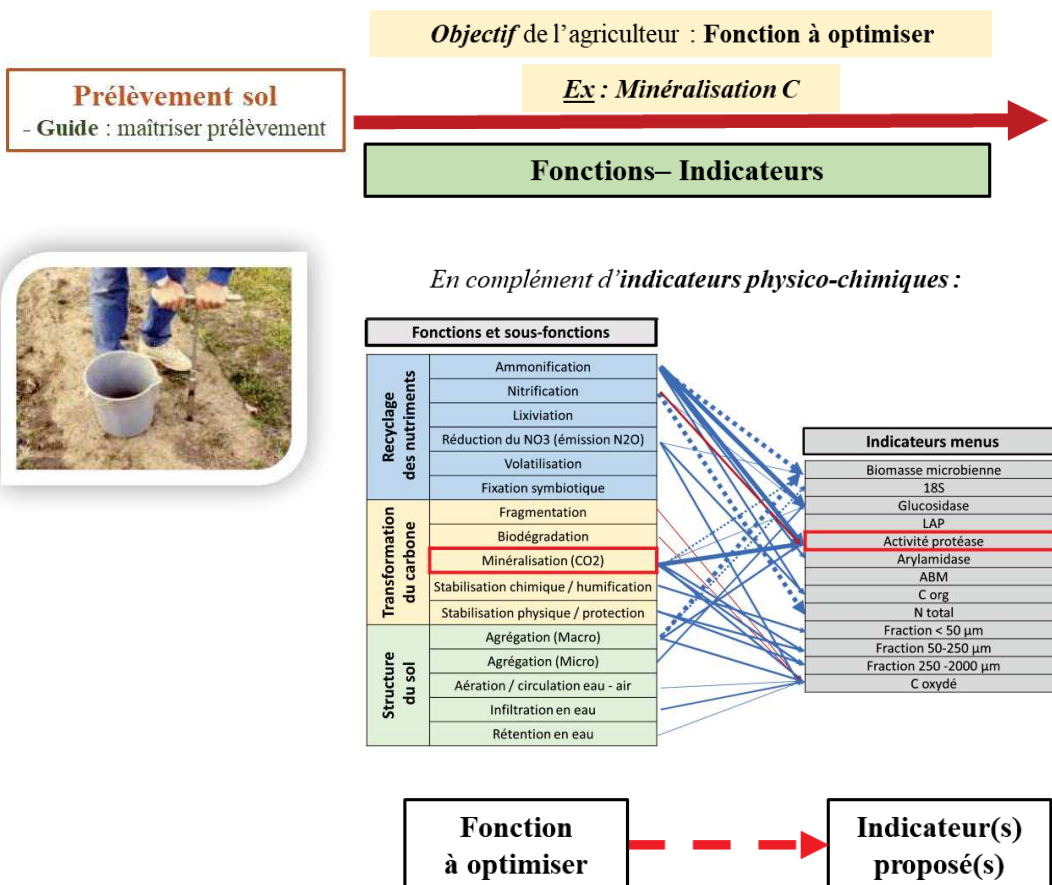
Tous sites – Toutes pratiques culturales



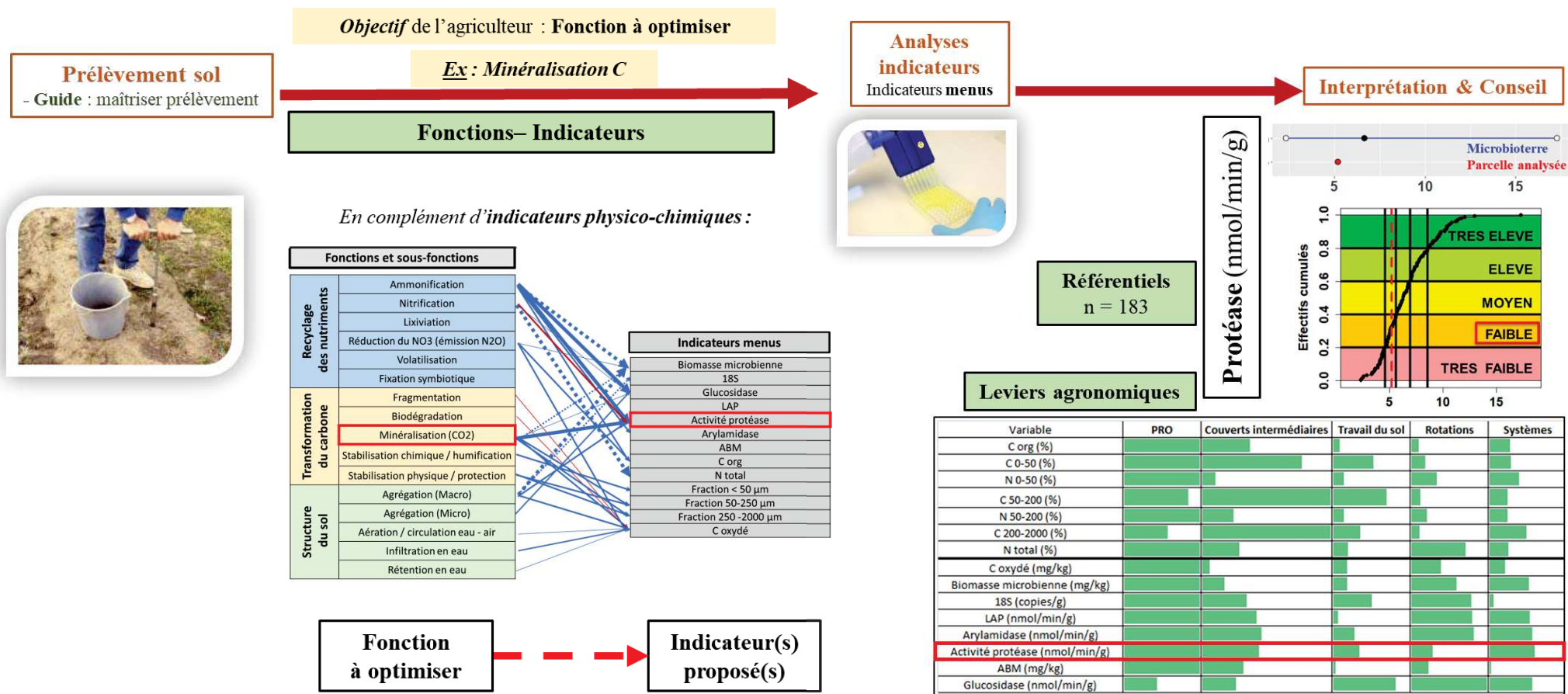
→ Valeur de C microbien comprise dans référentiel Microbioterre

→ Valeur très faible de l'indicateur

Outil Microbioterre : Du prélèvement de sol au conseil en agriculture



Outil Microbioterre : Du prélèvement de sol au conseil en agriculture



Communication et diffusion : Déploiement de l'outil Microbioterre

- ❖ Un guide de diagnostic et conseil « Microbioterre » sera mis à disposition des conseillers agricoles et des agriculteurs
 - Un diagnostic standard pour que son usage, soit adopté par le plus grand nombre d'agriculteurs
 - Un diagnostic approfondi qui constituera un outil de formation et d'animation de groupes basé sur la mesure de plusieurs paramètres microbiologiques.

❖ Modules de formations



- ❖ Journée de restitution des résultats Microbioterre : Prévues en début d'année 2022

Merci de votre attention

Merci aux contributeurs du projet

Cusset Elodie¹, Bennegadi-Laurent Nadia¹, Barbot Christophe², Bouthier Alain³, Deschamps Thibaud³, Houot Sabine⁴, Leclerc Blaise⁵, Perrin Anne-Sophie⁶, Recous Sylvie⁷, Riah-Anglet Wassila¹, Roussel Pierre-Yves⁸, Valé Matthieu⁹, Trinsoutrot-Gattin Isabelle¹

¹UNILASALLE, unité de recherche AGHYLE, ²Chambre d'agriculture d'Alsace, ³ARVALIS, ⁴INRAe – AgroParisTech UMR ECOSYS, ⁵ITAB, ⁶TERRES INOVIA, ⁷INRAe – URCA UMR FARE,

⁸Chambre d'agriculture de Bretagne, ⁹AUREA AgroSciences

Pilote



Partenaires financés



Partenaires non financés



Soutien

