

Mise en place d'un outil de diagnostic d'état des sols agricoles en systèmes de grandes cultures et polycultures élevage (Microbioterre – CASDAR RT 2017-2021)

Riah-Anglet Wassila¹, Cusset Elodie¹, Recous Sylvie², Barbot Christophe³, Bennegadi-Laurent Nadia¹, Bouthier Alain⁴, Deschamps Thibaud⁴, Houot Sabine⁵, Leclerc Blaise⁶, Perrin Anne-Sophie⁷, Roussel Pierre-Yves⁸, Valé Matthieu⁹, Trinsoutrot-Gattin Isabelle¹

¹UNILASALLE, unité de recherche AGHYLE, ²INRAe – URCA UMR FARE, ³Chambre d'agriculture d'Alsace,

ARVALIS⁴, ⁵INRAe – AgroParisTech UMR ECOSYS, ⁶ITAB, ⁷TERRES INOVIA, 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

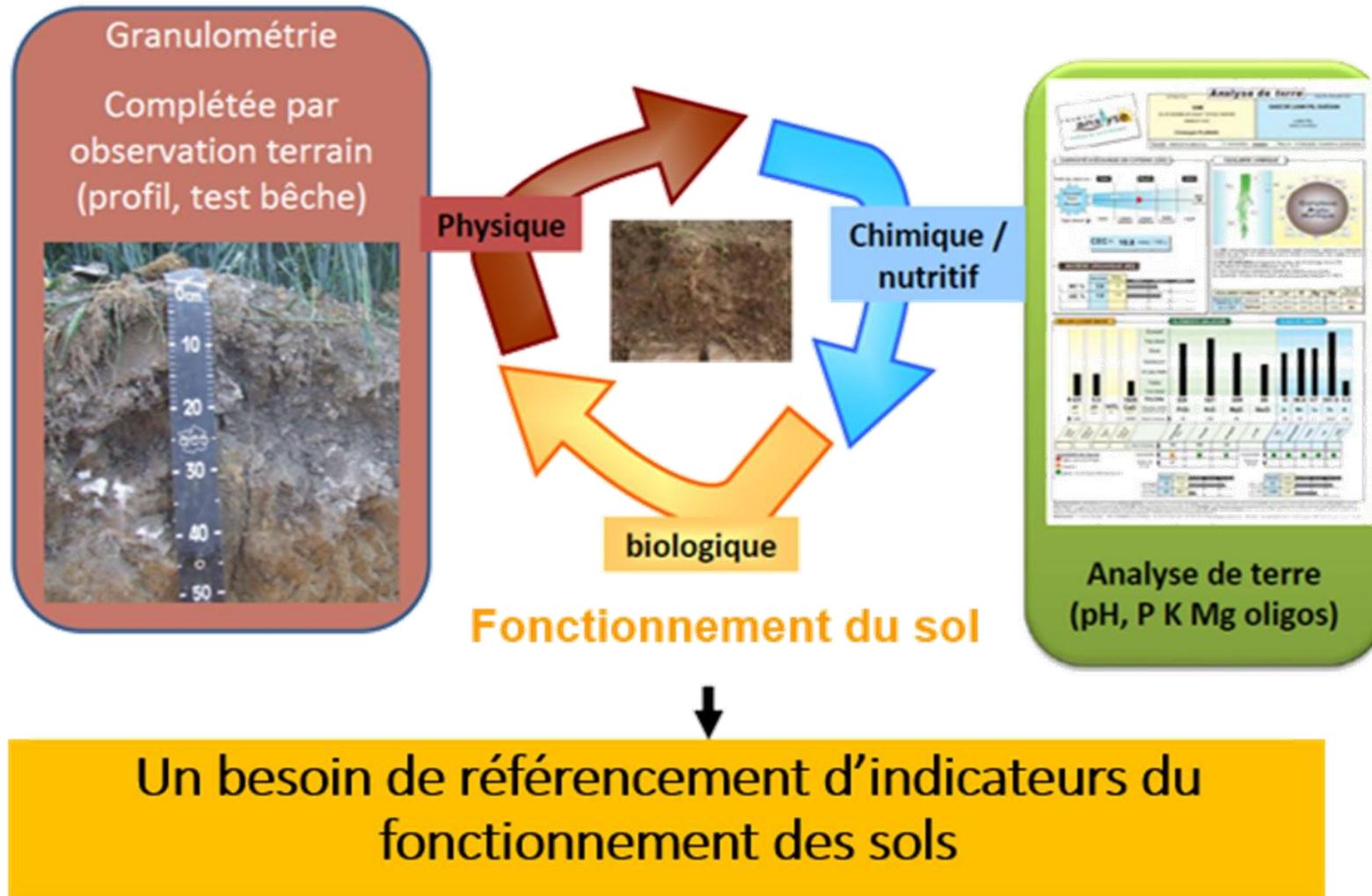
Activités
enzymatiques

Potentiel de
minéralisation

C N



Contexte du projet MICROBIOTERRE



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

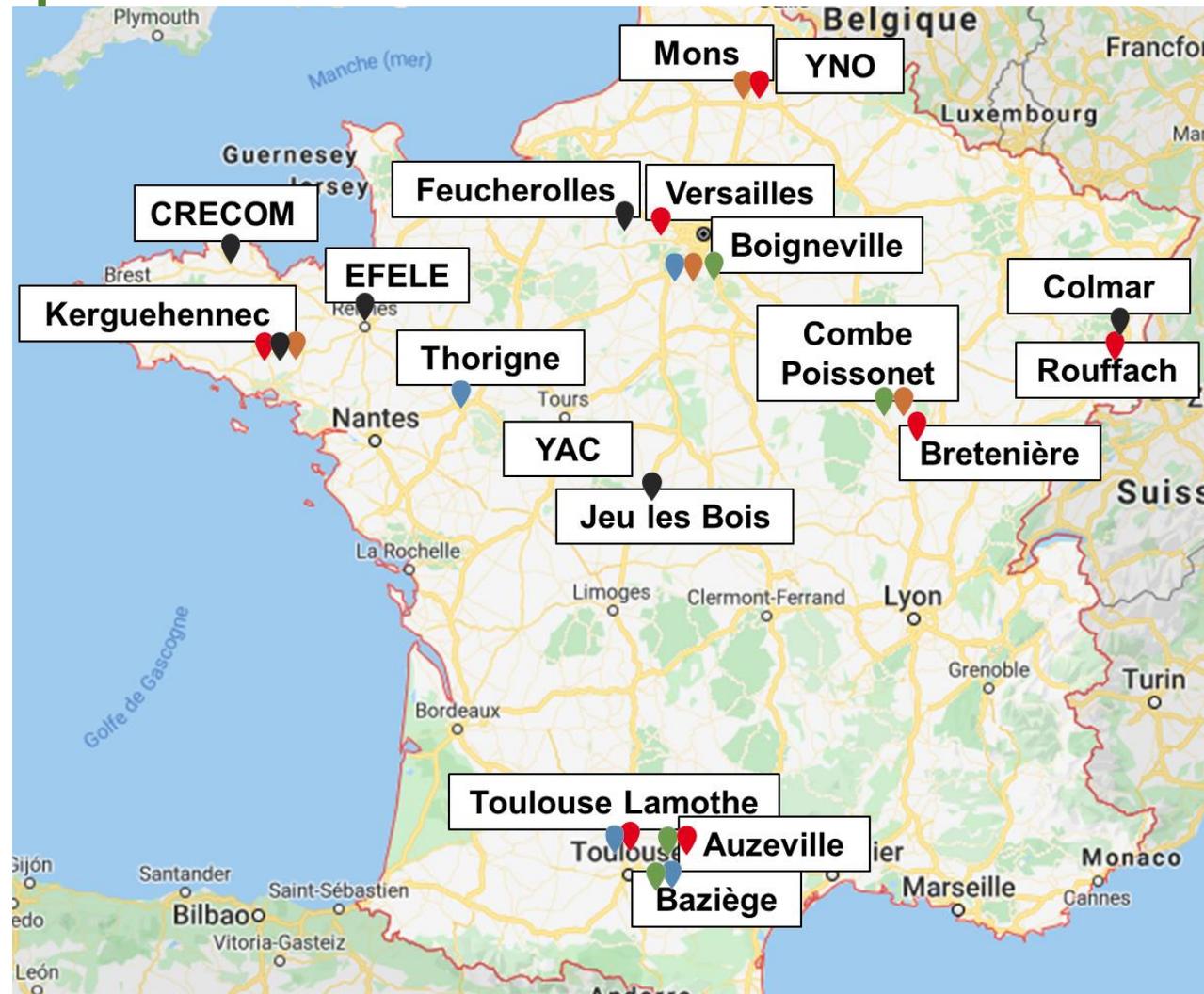
Profondeur de prélèvement

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 vs. sans apport PRO (ref.)

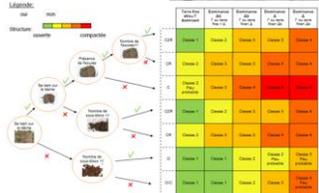


Indicateurs physico-chimiques & biologiques mesurés

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

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

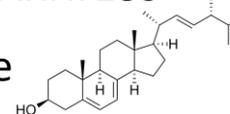


Abondance des bactéries

- Gènes codant ARNr16S

Abondance des champignons

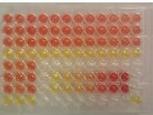
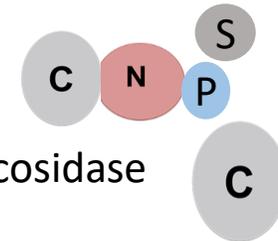
- Gènes codant ARNr18S
- Ergostérol libre
- Ergostérol total



Activités microbiennes

Activités enzymatiques in situ

- FDA
- β- Glucosidase
- Leucine aminopéptidase
- Protéase
- Arylamidase



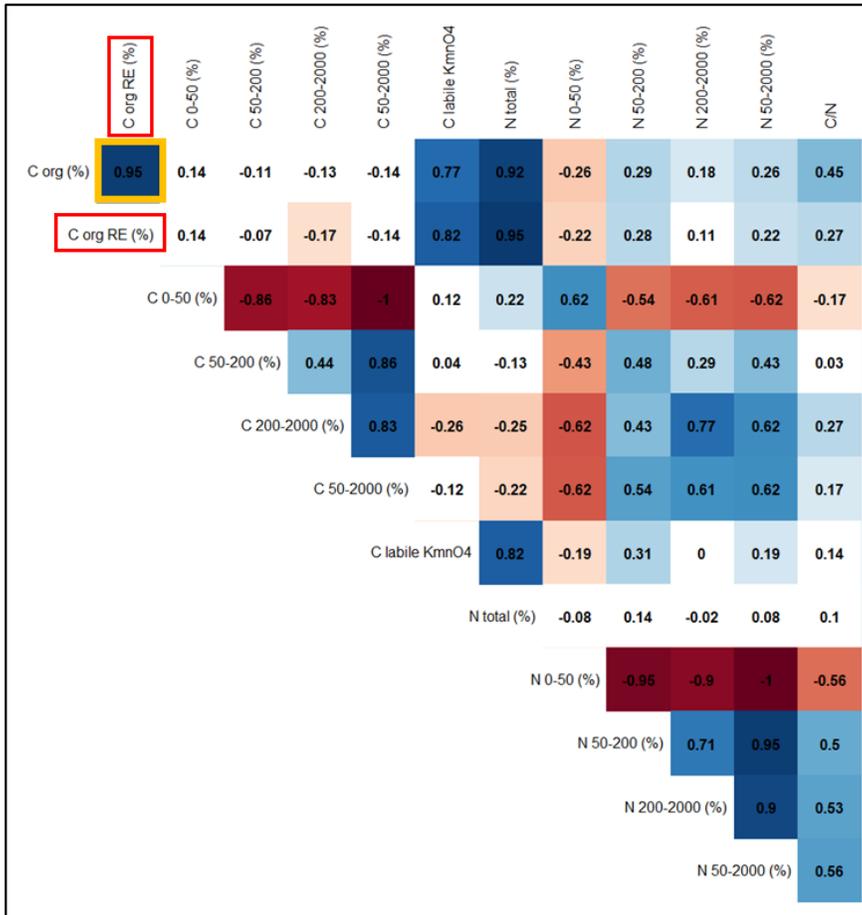
Minéralisation C & N

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

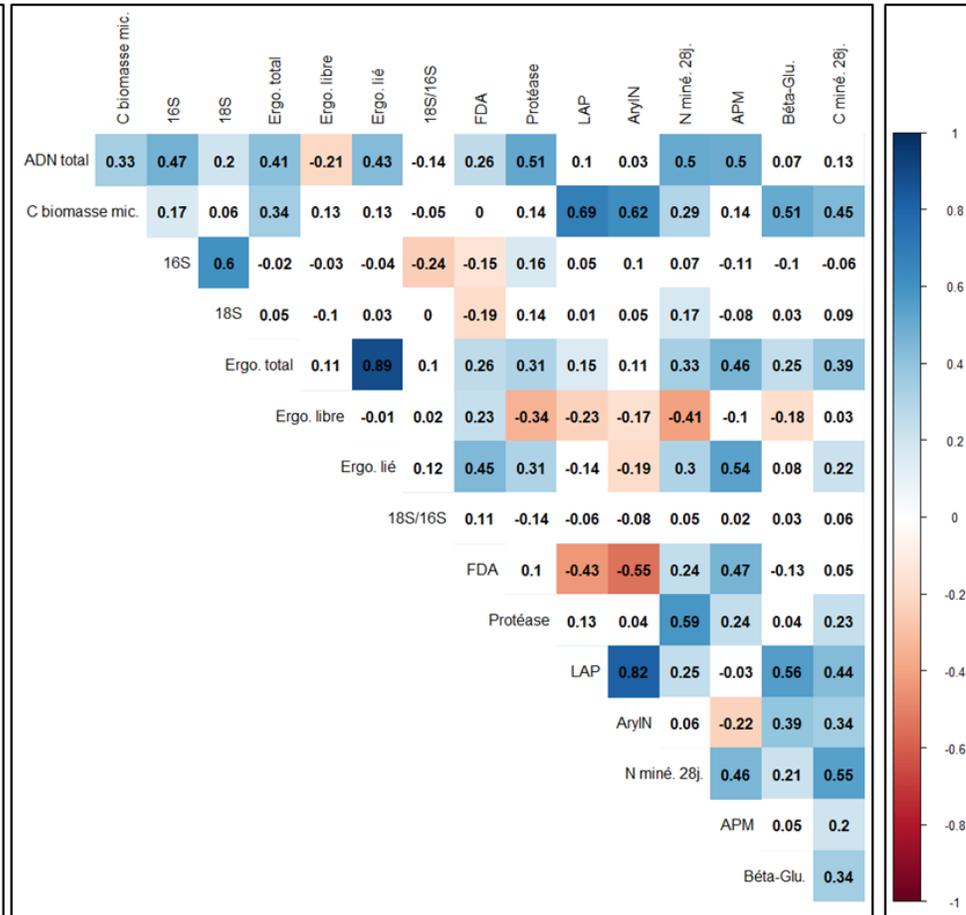


Co-corrélation des indicateurs et redondance de l'information

Variables physico-chimiques



Variables microbiologiques

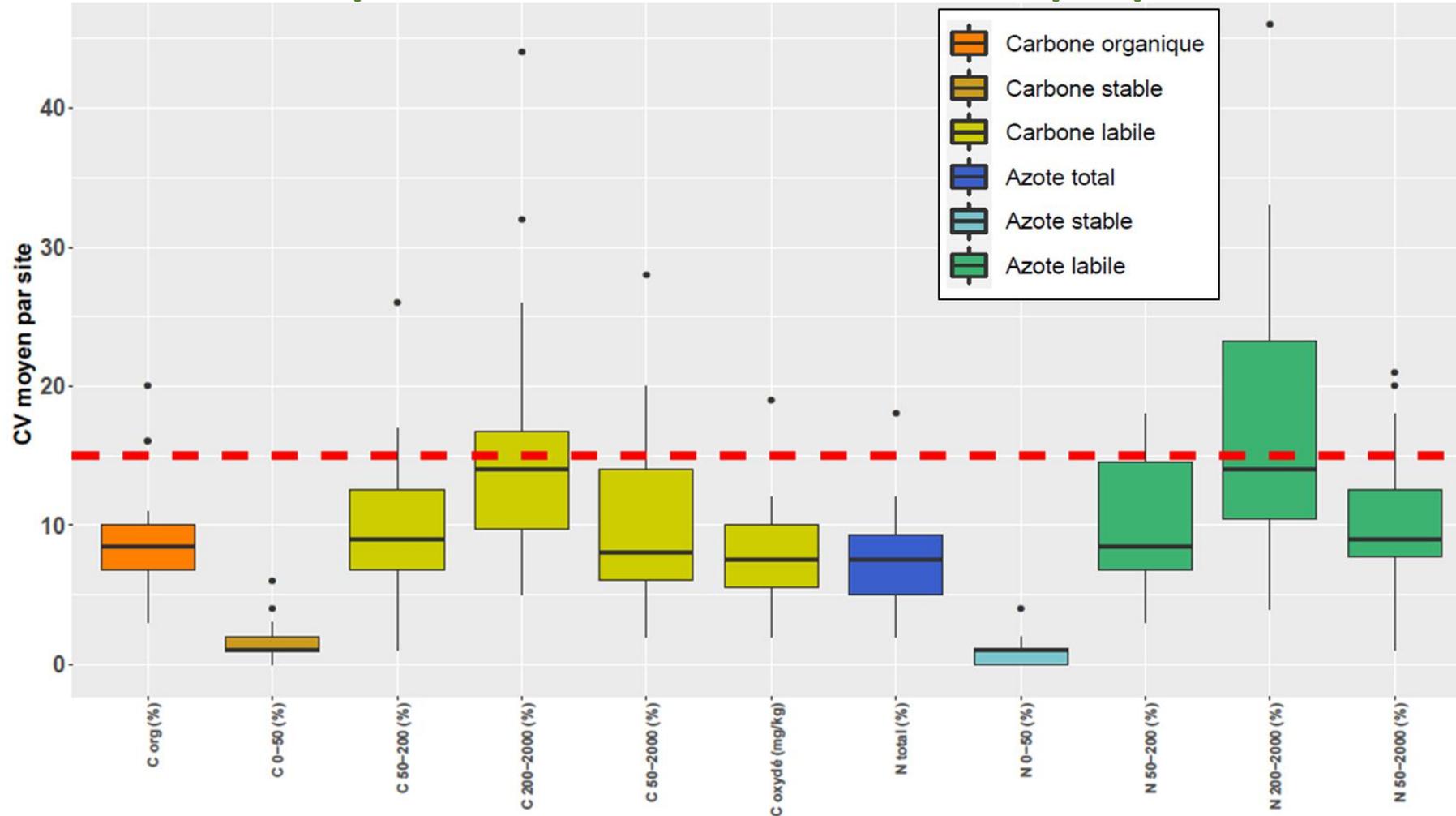


n = 183 obs.

Règle de décision
 Si $|R| > 0,9$ et même information apportée
 → Sélection d'une variable (coût)

Carbone Rock-EVAL non retenu

Variabilité spatiale des indicateurs physico-chimiques

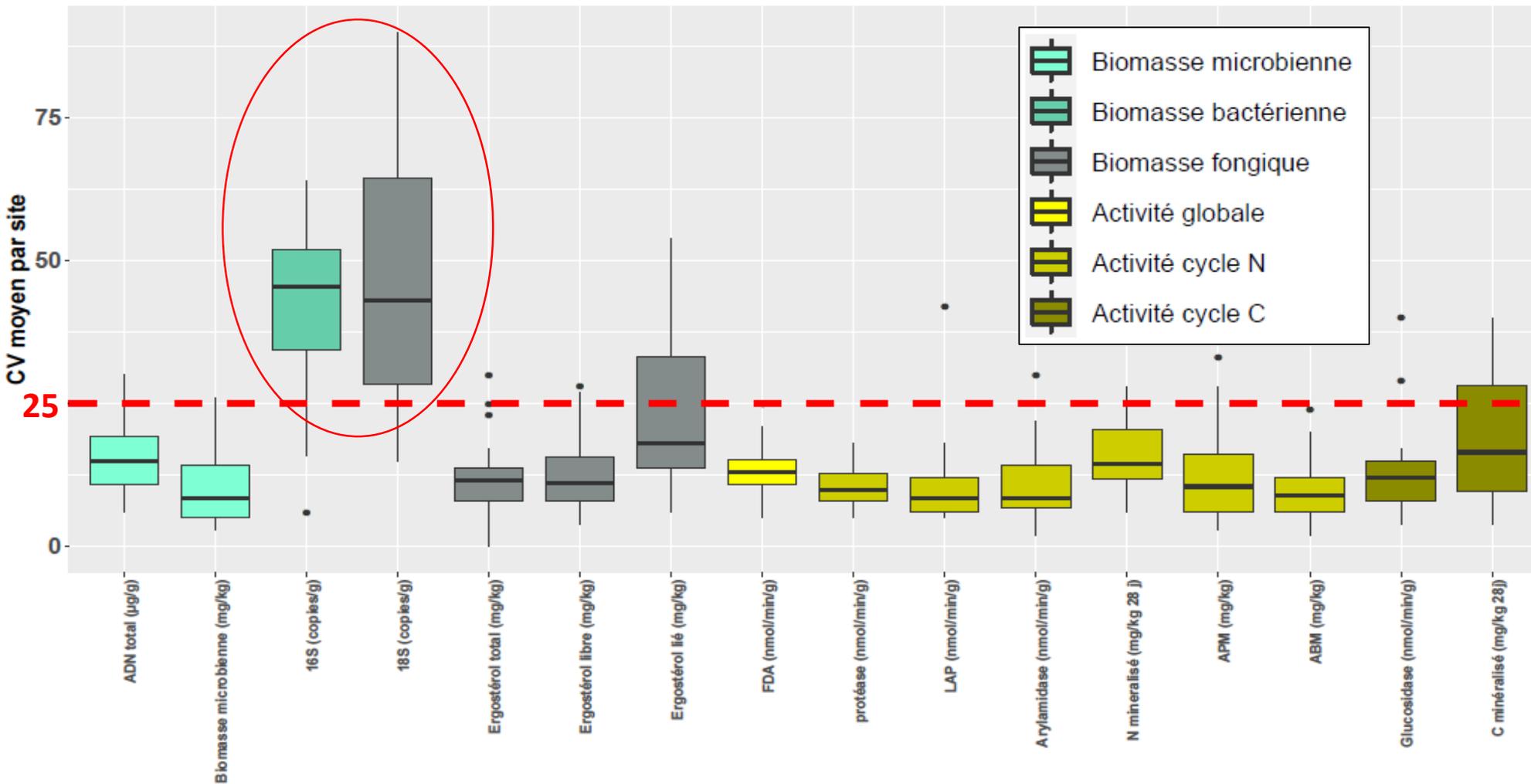


Règle de décision pour les seuils de CV (%) :
CV seuil = 15%

(Bouthier et al., 2015)

Variabilité spatiale des indicateurs microbiologiques

Règle de décision pour les seuils de CV (%) :
CV seuil = 25 %



(Bouthier *et al.*, 2015)

Aptitude des indicateurs à discriminer les modalités agronomiques

Quantité C apportée (moyenne sur 5 ans)



Âge essai

+

PRO	Âge des essais Essai	6 ans					18 ans			20 ans		33 ans	SCORING PRO (5%)		
		JEU LES BOIS			EFELE		KER W Sol			COLMAR		FEU		CRECOM	
	Type de PRO	Compost fumier	Fumier	Compost fumier	Digestat lisier	Fumier	SD Fumier	Lab. Fumier	TS Fumier	Boues	Compost boues	Fumier	Compost biodéchets	Fumier	
Variables physico-chimiques	C org (%)	*	*	**								***	***	**	6
	C org Rock-Eval (g/kg)	*		*		*					*	***	***	**	7
	C stable 100 ans (g/kg)												**		1
	C 0-50 (%)							*	**	***	***	***	***	*	7
	C 50-200 (%)				*	***	*	*	**	**	**	***	***	***	10
	C 200-2000 (%)				*	*				*	**		**	**	5
	C 50-2000 (%)						*	**	**	***	***	***	***	*	7
	Carbone actif (g/kg)	**	*	***		*						***	***	*	7
	C oxydé (mg/kg)					*	*	**	*	*	*	***	***	***	9
	C labile 20 ans (g/kg)			**					*			**	***	*	5
	N total (%)		*	**					*	*	*	***	***	**	7
	N 0-50 (%)							*	*	*	*	**	***	*	7
	N 50-200 (%)			*		*	*	*	*	*	*	***	***	**	9
	N 200-2000 (%)				*	*	*	*	*	*	*	**	***	**	5
N 50-2000 (%)						*	*	*	*	*	**	***	*	7	
Variables microbiologiques	ADN total (µg/g)						*	*	**	*	*	***	***	*	2
	Biomasse microbienne (mg/kg)		*					**	**			*	**	**	6
	16S (copies/g)					**			***						2
	18S (copies/g)					**			***				*		3
	Ergostérol total (mg/kg)		*	*					*						3
	Ergostérol libre (mg/kg)		*												1
	Ergostérol lié (mg/kg)			*					*						2
	18S/16S							*							1
	FDA (nmol/min/g)											*			1
	Protéase (nmol/min/g)					*	**	*	***			*	*	**	5
	LAP (nmol/min/g)					*	*	*	*			***	***	**	5
	Arylamidase (nmol/min/g)		**	*	*	**	**	***	*	***		**	**	***	8
	N minéralisé (mg/kg 28 j)			*				**	*					*	4
	APM (mg/kg)													*	1
ABM (mg/kg)							**	**	*	*	**	***		6	
Glucosidase (nmol/min/g)								**						1	
C minéralisé (mg/kg 28j)												**	**	2	

Exemple 1
Pratique la plus discriminée : PRO

- Indicateurs + discriminants dans essais + anciens
- Effet quantité C dans essais récents

■ Indicateur non mesuré

Indicateurs discriminants
 * : 5%
 ** : 1%
 *** : 0,1%

■ ↑ vs. témoin sans PRO
 ■ ↓ vs. témoin sans PRO

Aptitude des indicateurs à discriminer les modalités agronomiques

Biomasse couverts (moyenne sur 5 ans)



Âge pratique couverts

+

	7 ans		8 ans		9 ans		48 ans (10 ans couverts)		27 ans				SCORING Couverts (5%)	
	COMBE		AUZEVILLE		BAZIEGE		BOI A1		BOI ENV					
Couverts	Leg.* + autres		Leg.* + autres		Rotation courte Leg.* + autres	Rotation longue Leg.* + autres	Labour Leg.* + autres	SD Leg.* + autres	Labour Leg.* + autres	Labour Autres	SD Leg.* + autres	SD Autres		
	Biomasse moyenne		Biomasse faible		Biomasse faible		Biomasse faible		Biomasse faible	Biomasse moyenne	Biomasse faible	Biomasse moyenne		
Variables physico-chimiques	C org (%)												0	
	C org Rock-Eval (g/kg)												0	
	C stable 100 ans (g/kg)												0	
	C 0-50 (%)										b ***	b ***	2	
	C 50-200 (%)						b *			a *	a *	a *	4	
	C 200-2000 (%)										a ***	a **	2	
	C 50-2000 (%)										a ***	a ***	2	
	Carbone actif (g/kg)													0
	C oxydé (mg/kg)													0
	C labile 20 ans (g/kg)			*										1
	N total (%)													0
	N 0-50 (%)												b *	1
	N 50-200 (%)												a **	1
	N 200-2000 (%)													0
N 50-2000 (%)												a *	1	
Variables biologiques	ADN total (µg/g)												0	
	Biomasse microbienne (mg/kg)											a *	1	
	16S (copies/g)												0	
	18S (copies/g)								a *	a *			2	
	Ergostérol total (mg/kg)												0	
	Ergostérol libre (mg/kg)								a *				1	
	Ergostérol lié (mg/kg)			*									1	
	18S/16S												0	
	FDA (nmol/min/g)												0	
	Protéase (nmol/min/g)									a *			1	
	LAP (nmol/min/g)											a *	2	
	Arylamidase (nmol/min/g)											a ***	1	
	N mineralisé (mg/kg 28 j)					**							1	
	APM (mg/kg)									b *			1	
ABM (mg/kg)							a *					1		
Glucosidase (nmol/min/g)		*									b ***	b ***	4	
C minéralisé (mg/kg 28j)													0	

Exemple 2
Pratique la plus discriminée :
Couverts intermédiaires

- Indicateurs peu discriminants quelque soit âge de la pratique
- Biomasses faibles à moyennes

Leg.* : Légumineuses

Classes de biomasses (moyennes sur 5 ans) :

- Biomasse faible : <2 T MS/ha
- Biomasse moyenne : entre 2 et 4 T MS/ha
- Biomasse élevée : >4 T MS/ha

Indicateurs discriminants

- * : 5%
- ** : 1%
- *** : 0,1%

↑ vs. témoin sans C.I.

↓ vs. témoin sans C.I.

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)						
	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)						
	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***