



Evaluation sur des essais au champ d'indicateurs de microbiologie des sols – Premiers résultats du projet MICROBIOTERRE

Deschamps Thibaud¹, Bouthier Alain¹, Cusset Elodie², Houot Sabine³, Laurent Nadia², Leclerc Blaise⁴, Perrin Anne-Sophie⁵, Recous Sylvie⁶, Riah-Anglet Wassila², Roussel Pierre-Yves⁷, Trinsoutrot-Gattin Isabelle², Valé Matthieu⁸

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



Besoin de référencement d'indicateurs du fonctionnement des sols

Améliorer la fertilité des sols et leurs services



*Quels indicateurs ?
Comment les interpréter ?*

*Activité
enzymatique*

*Fractionnement
de la MO*

*Biomasse
microbienne*

*Potentiel de
minéralisation*

...

MicrobioTerre : Evaluer et référencer des **indicateurs de microbiologie des sols** et les intégrer dans **l'analyse de terre de routine**, pour améliorer la **gestion des restitutions organiques** dans les systèmes de grandes cultures et polyculture élevage



Evaluation et référencement de 11 indicateurs physico-chimiques déjà reconnus

| | Variable | Description de la variable | Méthode de mesure | Laboratoire |
|----------------|--|----------------------------|---|-------------|
| Carbone | Carbone Organique | C org | Dosage C org : oxydation sulfochromique + spectrophotométrie (NF ISO 14235) | AUREA |
| | Carbone minéral Rock-Eval | C inorganique | Analyseur thermique Rock-Eval 6 (Vinci Technologies) Disnar <i>et al.</i> (2003) | IRSTEA |
| | C fraction 50-2000 | C org labile | Fractionnement granulométrique : tamisage sous eau (NF X31-516) | AUREA |
| | Concentration de carbone labile à 20 ans | C org labile | Modèle Soucémariadin <i>et al.</i> (en préparation) (Rock-Eval 6) | IRSTEA |
| | Carbone oxydé | C org labile | Oxydation par KMnO ₄ + spectrophotométrie | SEMSE |
| | C fraction 0-50 | C org stable | Fractionnement granulométrique : tamisage sous eau (NF X31-516) | AUREA |
| | Concentration de carbone stable à 100 ans | C org stable | Modèle Soucémariadin <i>et al.</i> (en préparation) (Rock-Eval 6) | IRSTEA |
| Azote | Azote Dumas | N total | Méthode Dumas (NF ISO 13878) | AUREA |
| | N fraction 50-2000 | N fraction labile | Fractionnement granulométrique : tamisage sous eau (NF X31-516) | AUREA |
| | Azote Potentiellement Minéralisable (APM) | N actif | Double distillation (tampon phosphate borate et KCl) (Djegui, 1992) | AUREA |
| | N fraction 0-50 | N fraction stable | Fractionnement granulométrique : tamisage sous eau (NF X31-516) | AUREA |



Evaluation et référencement de 15 indicateurs biologiques déjà reconnus

| | Indicateur | Variable | Indicateur étudié | Laboratoire |
|------------------------------|-------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------|
| Activité microbienne | Activité enzymatique globale | Hydrolyse de la Fluoresceine di-acétate (FDA) | Hydrolyse FDA (substrat universel) | SEMSE |
| | Activité enzymatique Cycle C | Activité β -glucosidase (Glu) | Hydrolyse de liaisons osidiques | UniLaSalle |
| | | C minéralisé moyen | Minéralisation du C | CELESTA |
| | Activité enzymatique Cycle N | Activité protéase | Dégradation de protéines | Université Lorraine |
| | | Activité leucine aminopeptidase (LAP) | | Université Lorraine |
| | | Activité arylamidase (aryIN) | | RITTMO / UniLaSalle |
| | | N minéralisé moyen | Minéralisation du N | CELESTA |
| Abondance microbienne | Microorganismes totaux | ADN total | Biomasse moléculaire totale | UniLaSalle |
| | | Biomasse microbienne (TOC) | C Org Total des micro-organismes | AUREA |
| | Bactéries totales | Biomasse bactérienne 16S | ADN r spécifiques des bactéries | RITTMO / UniLaSalle |
| | Champignons totaux | Biomasse fongique 18S | ADN r spécifiques des champignons | RITTMO / UniLaSalle |
| | | Ergostérol libre (GONG) | Biomasse champignons morts | UniLaSalle |
| | | Ergostérol total (MAE) | Biomasse fongique totale | UniLaSalle |
| | | Ergostérol lié | Biomasse champignons vivants | |
| | Champignons et bactéries | Ratio 18S/16S | Ratio 18S/16S | |



Méthode d'évaluation et de référencement

22 essais



20 cm

4 thématiques



3 répétitions
analysées / modalité



5 à 47 ans



Méthode d'évaluation et de référencement

Essais analytiques 1 facteur

- PRO compost Jeu les Bois – ARVALIS
- SOERE QualiAgro Feucherolles – INRA
- SOERE PROspective Colmar – INRA
- SOERE EFELE Le Rheu – INRA



Essais analytiques 2 facteurs

- Fertilité physique PRO Crecom – CRAB
- Travail du sol PRO Kerguéhennec – CRAB



- A1 Boigneville - ARVALIS
- A2 Boigneville - ARVALIS
- Environnement Boigneville – ARVALIS



Méthode d'évaluation et de référencement

Essais systèmes

- ELD – ARVALIS, TerresInovia
- PIC adventices Bretenière – INRA
- PhytoSol YAC Villedieu – TerresInovia
- PhytoSol YNO Doignies – TerresInovia
- MicMac Castanet – INRA
- MicMac Seysses – INP Purpan
- RotAB Kerguéhennec – CRAB
- RotaLeg Thorigné – CRA PDL
- SdC La Cage – INRA
- SdC Kerguéhennec – CRAB
- SdC Rouffach – CRA GE
- SdC Combe – Dijon Céréales

SdCi

SdC

Rotation

Niveau

d'intrants





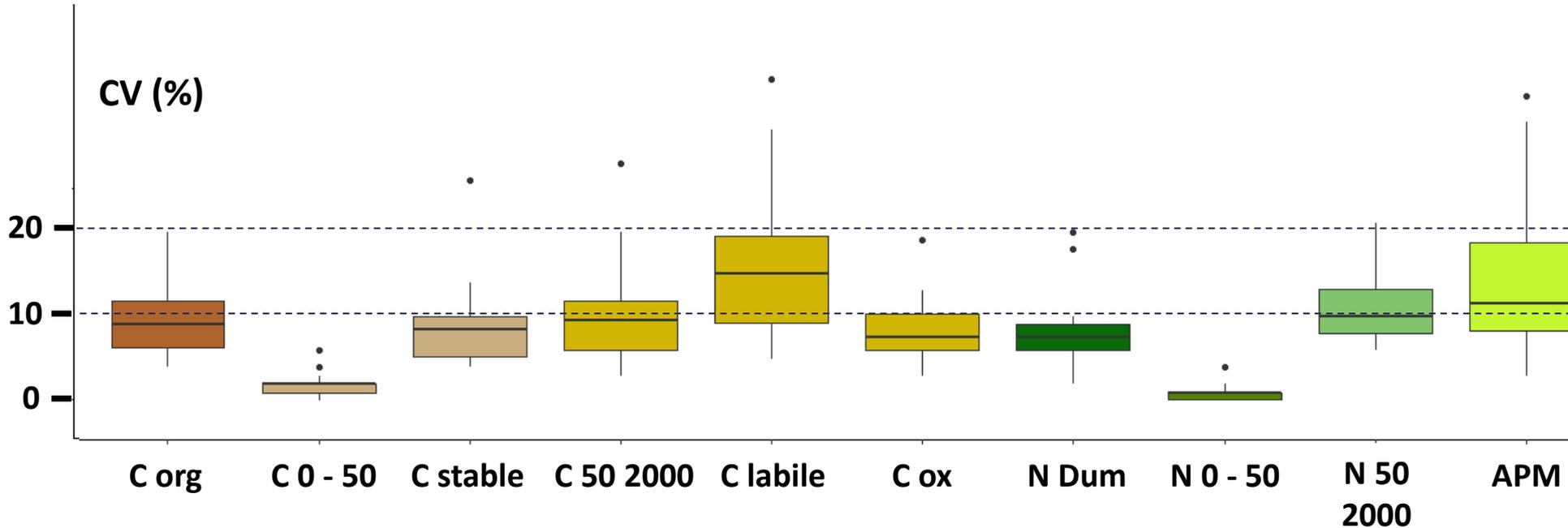
| | | |
|---|---|---|
| A | B | C |
| C | B | A |
| A | C | B |

SENSIBILITÉ À LA VARIABILITÉ SPATIALE DES INDICATEURS



Sensibilité à la variabilité spatiale

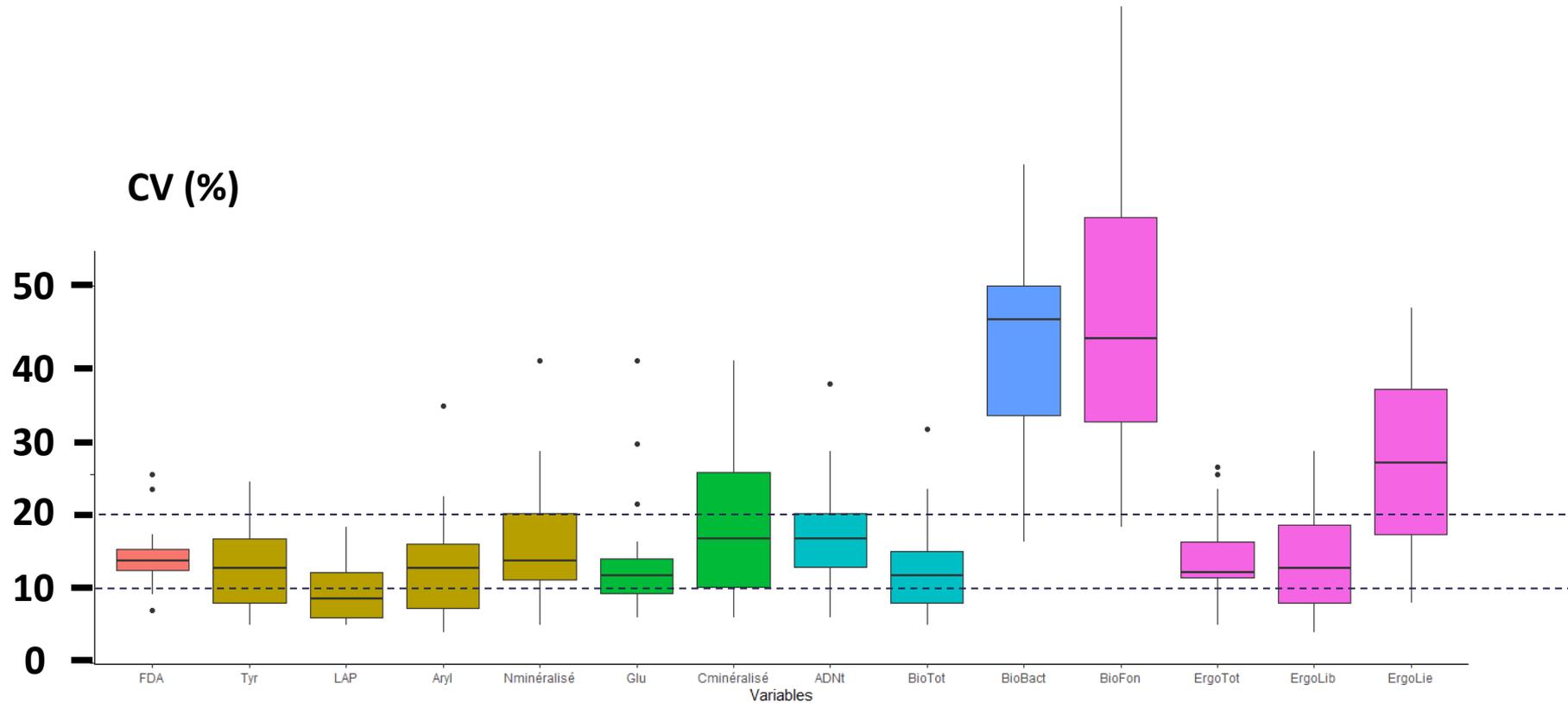
Indicateurs physico-chimiques





Sensibilité à la variabilité spatiale

Indicateurs biologiques





QUEL INDICATEUR POUR QUELLE PRATIQUE ?





Quel indicateur pour quelle pratique ?

Réponse des indicateurs à l'apport de **PRO**

| Variables physico-chimiques | Variables | SOERE PROspective | CRECOM | SOERE PRO EFELE | QUALIAGRO | KERGUEHENNEC | SCORE |
|------------------------------------|--|--------------------------|---------------|------------------------|------------------|---------------------|--------------|
| | C oxydé (mg C/kg MS) | ** | **** | **** | **** | **** | 5 |
| | N 0-50 (% N total) | *** | *** | NS | **** | ** | 4 |
| | N 50-2000 (% N total) | *** | *** | NS | **** | ** | 4 |
| | N total (% MS) | ** | *** | NS | **** | ** | 4 |
| | C 50-2000 (% C org total) | **** | ** | NS | *** | ** | 4 |
| | C 0-50 (% C org total) | **** | ** | NS | *** | ** | 4 |
| | C org (% MS) | NS | ** | * | **** | NS | 3 |
| | Concentration C labile à 20 ans (g/kg MS) | NS | * | NS | **** | * | 2 |
| | Concentration C stable à 100 ans (g/kg MS) | NS | NS | NS | *** | ** | 2 |
| APM (mg/kg MS) | NS | ** | NS | NS | NS | 1 | |
| C/N | NS | NS | NS | NS | * | 1 | |

Significativité
Kruskal-Wallis
ou
ANOVA 1 facteur :

| | |
|-------------|--|
| NS | |
| 10% : * | |
| 5% : ** | |
| 1% : *** | |
| 0,1% : **** | |



Quel indicateur pour quelle pratique ?

Réponse des indicateurs à l'apport de **PRO**

| | Variables | SOERE PROspective | CRECOM | SOERE PRO EFELE | QUALIAGRO | KERGUEHENNEC | SCORE |
|------------------------------|---|-------------------|--------|-----------------|-----------|--------------|--------------|
| Variables biologiques | ArylN (nmol B-naph/min/g MS) | NS | **** | *** | **** | *** | 4 |
| | Activité LAP (nmol nitroaniline/min/g MS) | NS | *** | ** | **** | *** | 4 |
| | Activité protéase (nmol eq Tyrosine/min/g MS) | NS | ** | ** | * | *** | 4 |
| | Biomasse microbienne (mg/kg) | NS | *** | NS | *** | *** | 3 |
| | N minéralisé (mg N/kg MS 28j) | NS | *** | NS | NS | *** | 2 |
| | C minéralisé (mg C/kg MS 28j) | NS | *** | NS | *** | NS | 2 |
| | ADN total (µg/g MS) | NS | *** | NS | NS | ** | 2 |
| | Biomasse bactérienne (Nb de copies 16S/g MS) | NS | ** | ** | NS | NS | 2 |
| | Ergosterol total (mg/kg MS) | NS | NS | * | * | NS | 2 |
| | Glu (nmol PN/min/g MS) | NS | NS | NS | NS | ** | 1 |
| | Biomasse fongique (Nb de copies 18S/g MS) | NS | ** | NS | NS | NS | 1 |
| | Ergosterol lié (mg/kg MS) | NS | NS | * | NS | NS | 1 |
| | Ergosterol libre (mg/kg MS) | NS | NS | NS | NS | NS | 0 |
| | Ratio 18S/16S | NS | NS | NS | NS | NS | 0 |
| FDA (nmol/min/g MS) | NS | NS | NS | NS | NS | 0 | |



Quel indicateur pour quelle pratique ?

Synthèse provisoire

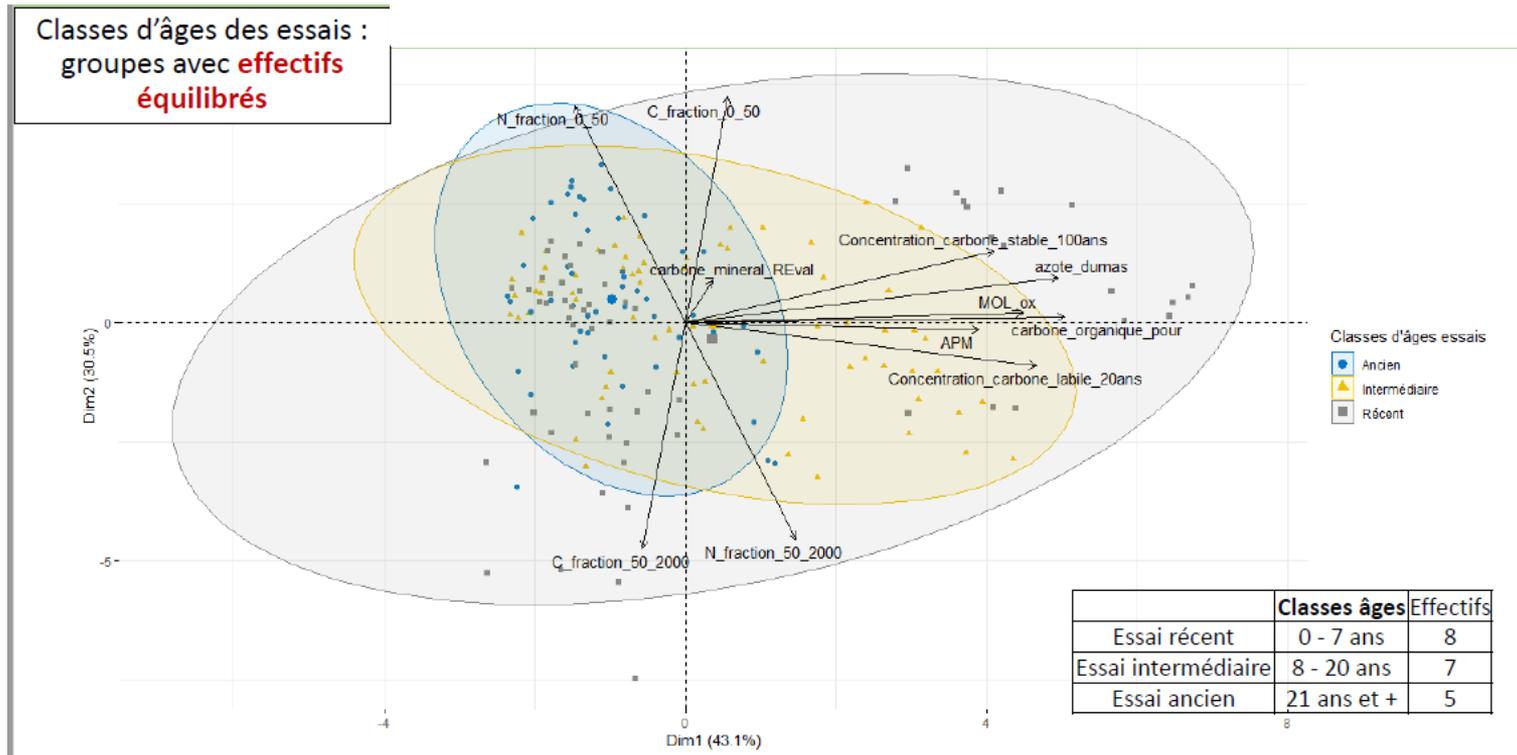
Pouvoir discriminant



| | Variable | PRO | CIPAN | Travail du sol |
|------------------------|-----------------------------------|-----|-------|----------------|
| Carbone / Azote | Fractionnement granulométrique MO | | | |
| | C min 28 j | | | |
| | C oxydé KMnO ₄ | | | |
| Activités | B Glu | | | |
| | AryIN | | | |
| | LAP | | | |
| | Protéase | | | |
| Abondance | BMI | | | |
| | Biomasse 16 S | | | |
| | Ergostérol libre | | | |

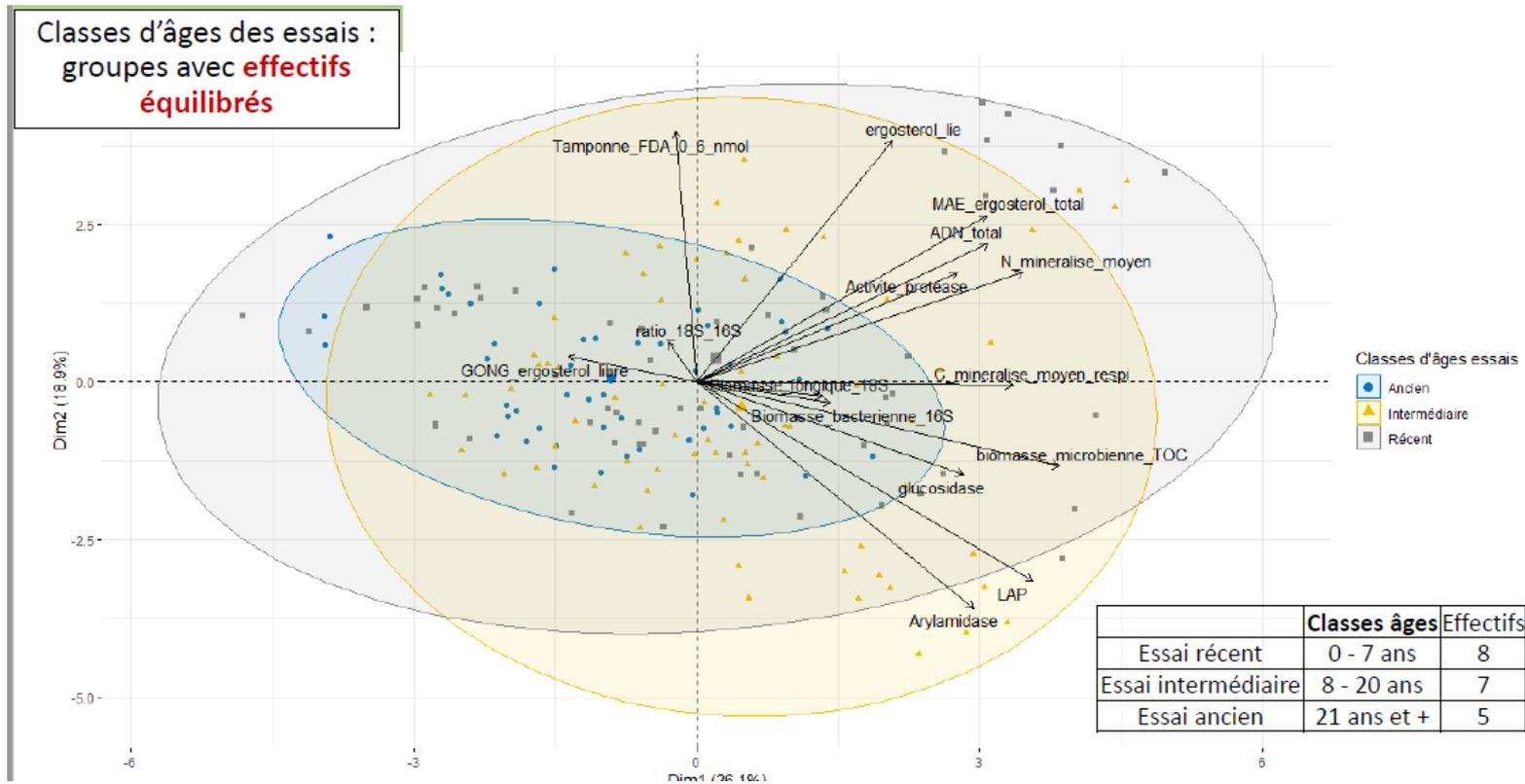


Capacité d'un indicateur à discriminer un changement de pratique récent





Capacité d'un indicateur à discriminer un changement de pratique récent





Synthèse



- Premiers résultats :
 - Diagnostic standard : fractionnement MO et BMI à confirmer
 - Diagnostic approfondi : certains indicateurs un peu plus sensibles à variabilité spatiale que d'autres ; certains plus discriminants que d'autres
- Perspectives :
 - Poursuite analyse sur système de culture, rotation, suite PRO, type de sol, interactions, ... Simulations AMG
 - Relation indicateur x fonctions (stockage C, minéralisation N, ...)
 - Référencement
- Fin du projet : décembre 2020



Pilote



Partenaires financés



Partenaires non financés



Soutien



MERCI DE VOTRE ATTENTION