



Paris,
Académie d'Agriculture
Le 7 mars 2018

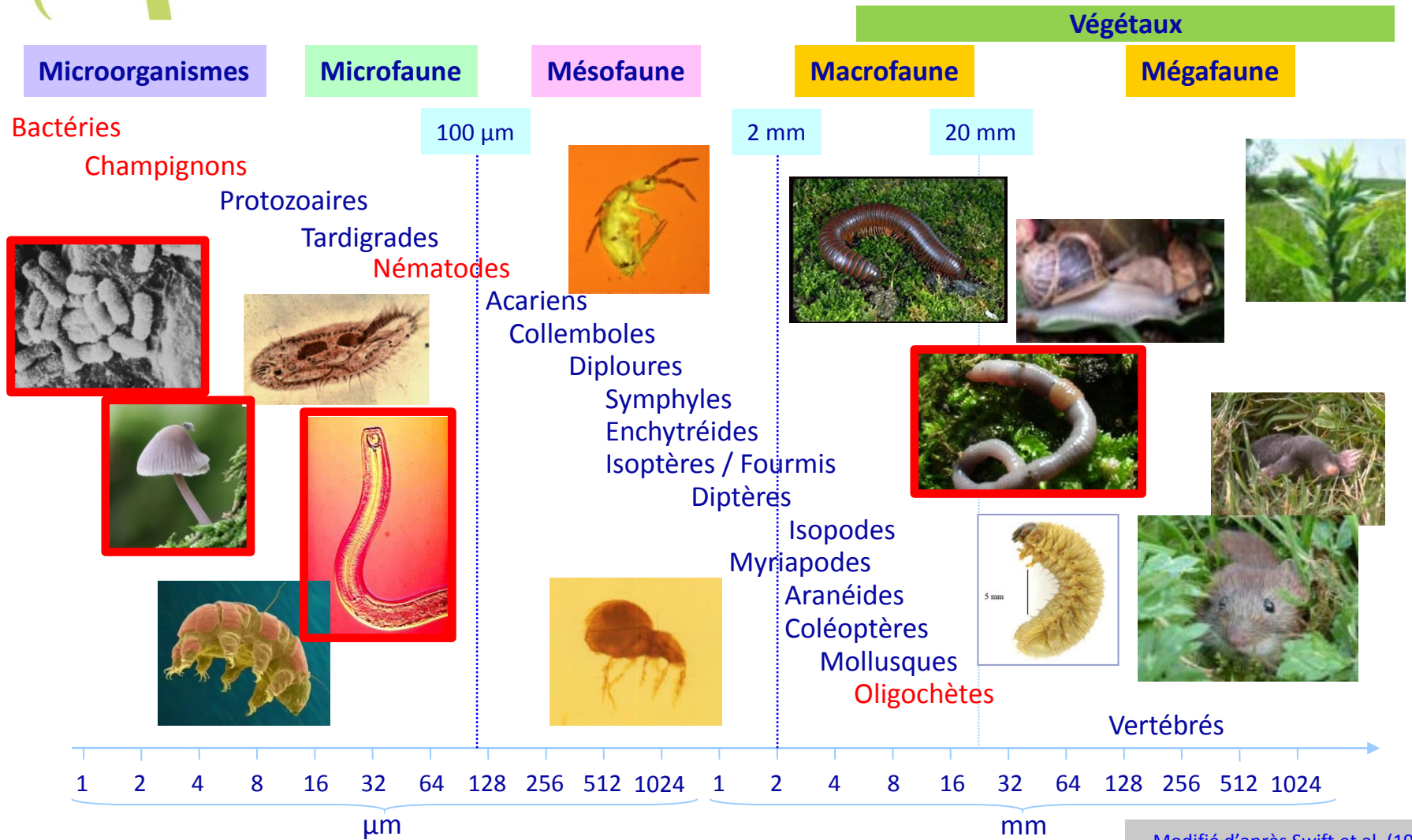
Fertilité des sols et activité biologique : nouveaux services écosystémiques



Plan

- 1 - Définition, fonctions et services écosystémiques
- 2 - Les bioindicateurs
- 3 - Travaux actuels ARVALIS sur les liens entre des bioindicateurs et certaines fonctions nutritives

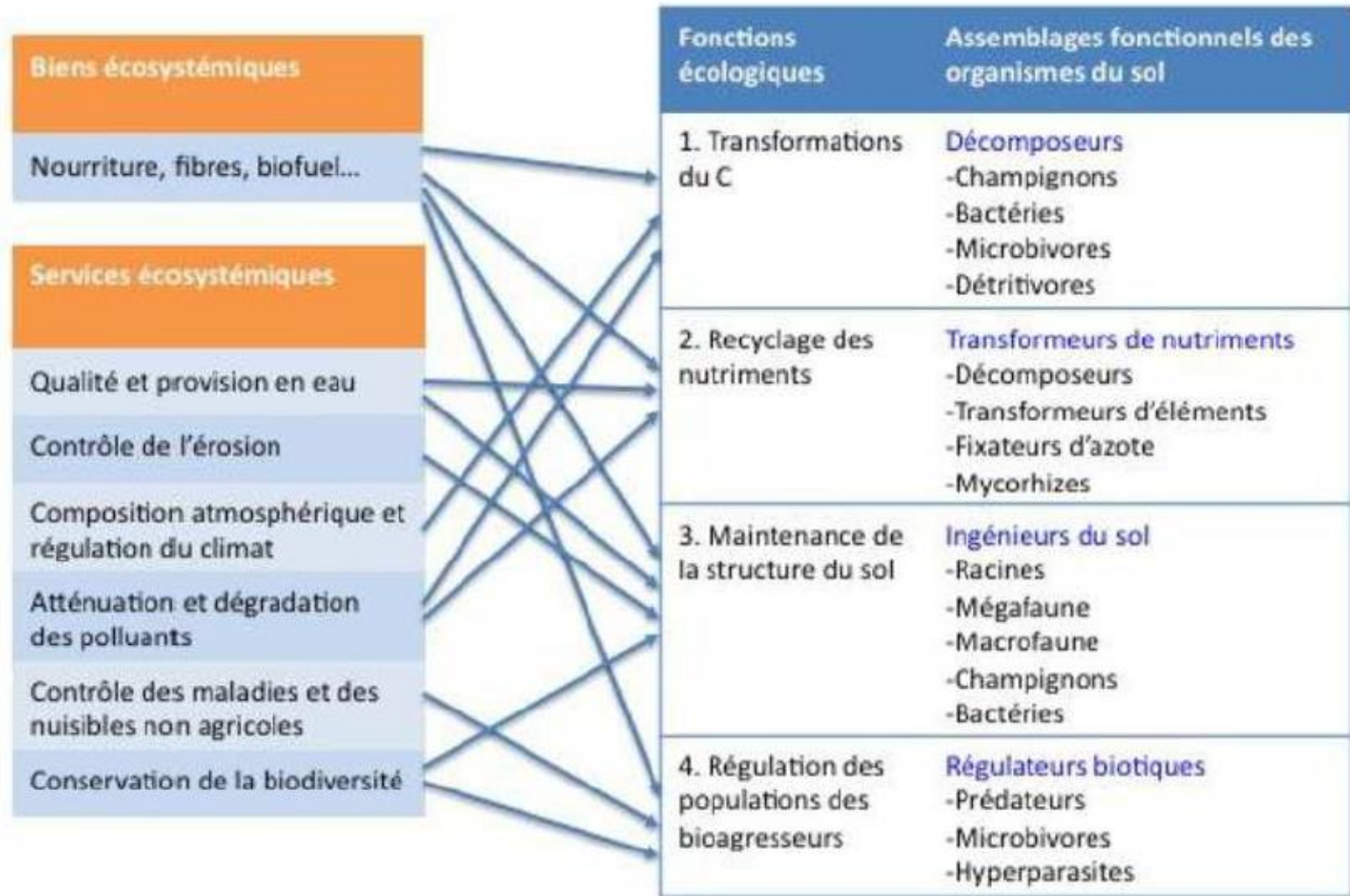
C'est quoi la fertilité biologique des sols ?



Modifié d'après Swift et al. (1979)

**Une grande diversité d'organismes vivants, de l'infiniment petit au visible.
Certains sont un peu plus étudiés et connus.**

Relations entre assemblages fonctionnels des organismes du sol et services écosystémiques via les fonctions écologiques



Interaction des organismes entre eux, ce qui détermine la capacité du sol à fournir des services écosystémiques

4 fonctions biologiques pour des services écosystémiques

Recyclage des nutriments

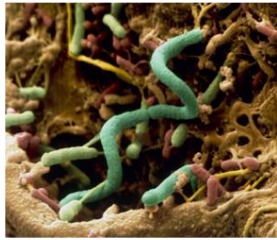
Capture
Dynamique
Biodisponibilité N et P

Ingénieurs chimiques

Transformations du carbone

Décomposition
Dynamique de la MO

Ingénieurs de la litière



Microorganismes

**Organismes
du sol**

Macrofaune (et racines)



**Maintien de la
structure du sol**
Rétention en eau
Infiltration de l'eau
Fourniture d'habitats
Erosion

Ingénieurs du sol

Méso- et macrofaune



**Régulation des populations
Contrôle des bioagresseurs**

Bioagresseurs

Microfaune



d'après Blanchart et al., 2012



Les bio-indicateurs

Un **bio-indicateur** se définit comme une variable issue de l'analyse d'un ou plusieurs paramètres biologiques mesurés sur un échantillon de terre ou sur un sol en place, et renseignant l'état et le fonctionnement biologique du sol.

Variables de natures très diverses (données, calculs, observations, mesures) fournissant une information au sujet de variables plus difficiles d'accès ou de systèmes plus complexes.

Ils doivent **permettre d'aider** l'utilisateur au diagnostic et à la gestion de pratiques culturales favorables à l'expression de certaines fonctions du sol.

Grand nombre de bioindicateurs disponibles

Des bioindicateurs opérationnels ?

Un large panel d'analyses microbiologiques déjà réalisées en routine...

Type de paramètre	Indicateurs
Abondance microbienne	Biomasse microbienne par fumigation (NF ISO 14240-2) (~70 € HT)
	Biomasse moléculaire microbienne (quantification ADN extrait du sol)
	Abondance bactéries et champignons par PCR quantitative
	Mesure de l'ergostérol libre et total par HPLC DAD
Activité microbienne	Potentiels de minéralisation C (NF EN ISO 16072) (et N (XP U44-163 et NF ISO 14238) par incubation court terme (~ 100 € HT pour C et idem pour N)
	Activités enzymatiques : FDA hydrolase (~ 40 € HT), β-glucosidase, Lipase, aminopeptidase, protéase, arylamidase
	Activité nitrifiante
	Respirométrie
Diversité microbienne	Diversité taxonomique des communautés microbiennes (pyroséquençage)
	Aptitudes métaboliques (biodiversité fonctionnelle)
Caractérisation de la matière organique du sol	Fractionnement granulométrique de la MO (NF X31-516) (~50 € HT pour 2 fractions, ~100 € HT pour 3)
	Matière organique labile M.O.L. (extraction de C et N labile par autoclavage)
	Carbone labile extrait au KMnO_4

En rouge analyses proposées dans menus de labos commerciaux

En noir analyses réalisées dans le cadre d'études spécifiques

Degré de maturité (note de 0 à 10) des différents types de bioindicateurs de biologie du sol

Bioindicateurs	Mode de prélèvement	Mode de préparation (brut ou séché)	Sensibilité, précision, reproductibilité	Délai d'analyse	Prix de revient	Pertinence pour le conseil agro-écologique	Référentiels d'interprétation des Bioindicateurs		
							Effet du pédoclimat	Effet des pratiques culturales	Niveaux souhaitables des fonctions biologiques
Biomasse microbienne	Tarière	Echantillon brut tamisé 5 mm	7	4	4	6	7	7	2
Fractionnement MO	Tarière	Echantillon séché 38°C, tamisé 2 mm	7	5	5	8	7	7	2
Potentiel de minéralisation C et N	Tarière	Echantillon brut tamisé 5 mm	5	3	4	8	7	7	2
Activités enzymatiques	Tarière	Echantillon brut ou séché	7	6	6	5	4	4	2
Abondances et ratio bact./champ.	Tarière	Echantillon séché	7	5	5	6	7	5	2
Diversité des bactéries	Tarière	Echantillon séché	7	2	2	6	7	5	2
Diversité des champignons	Tarière	Echantillon séché	5	2	2	5	4	4	2
Abondance et diversité faune du sol	Spécifique (piégeage, bloc de terre)	Echantillon brut	7	3	3	7	6	6	2
Diversité moléculaire faune du sol	Tarière	Echantillon séché	5	2	2	3	3	3	2

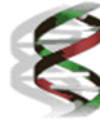
Des bioindicateurs opérationnels ?

Outils de métagénomique : outils d'avenir

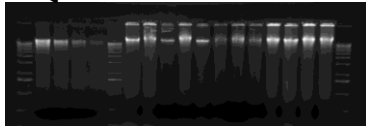
Sol



ADN sol

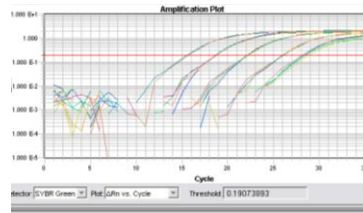


Quantité ADN sol



Biomasse
moléculaire
microbienne

qPCR 16S/18 rDNA

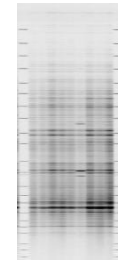


Densité bactérie
Densité champignons

Rapport champ./Bactéries

Abondance microbienne

DNA fingerprint

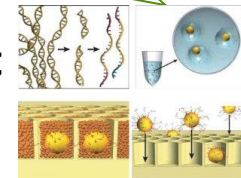


Genotypage

Structure génétique
Indice de diversité

Plateforme
GenoSol 

*Exploring the microbial world
To better protect our environment*



Inventaire
Taxonomique
Séquençage massif



454 GS FLX®



Travaux d'ARVALIS sur les Bioindicateurs

Mesure de bioindicateurs sur des expérimentations au champ
en vue d'évaluer :

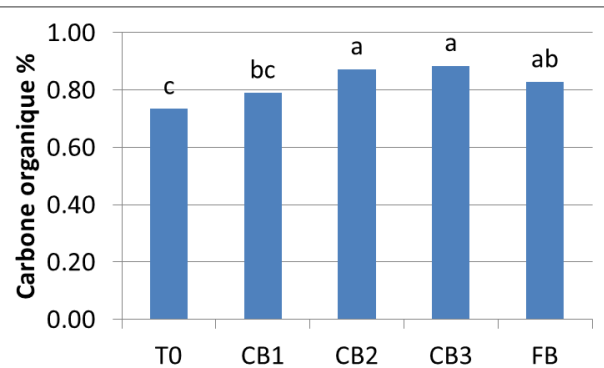
- Faisabilité de la mesure des indicateurs, en lien avec maîtrise de la variabilité spatiale et temporelle
- Sensibilité aux historiques d'apports de PRO, de couverts végétaux, de travail du sol ?
- Apport d'information par rapport aux indicateurs existants (Corg., Ntot.) ?
- Liens avec des services:
 - fourniture N (S, P) par minéralisation... ?
 - stockage du carbone ?

Travaux d'ARVALIS sur les Bioindicateurs

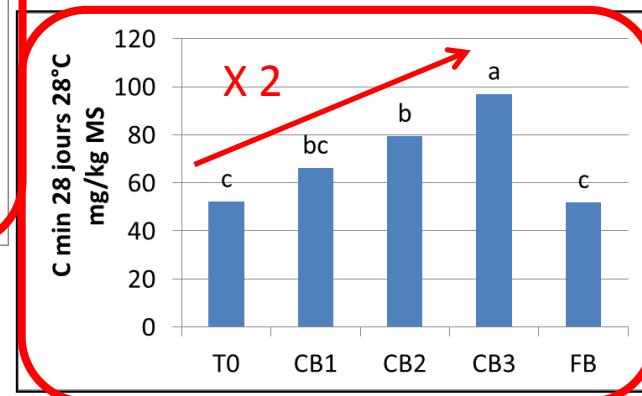
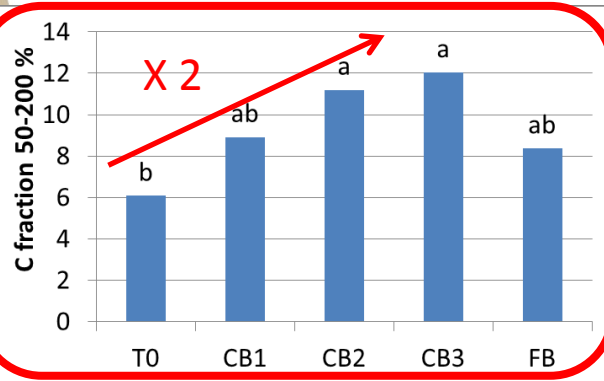
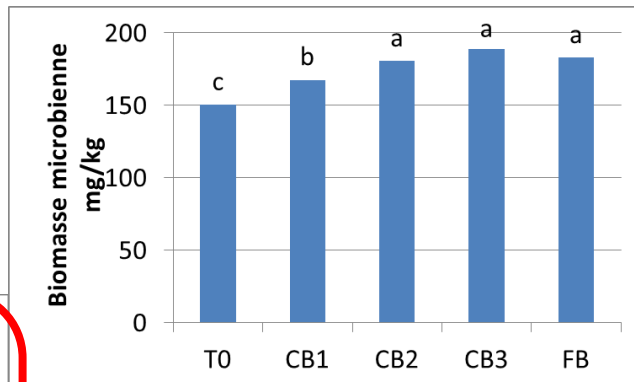
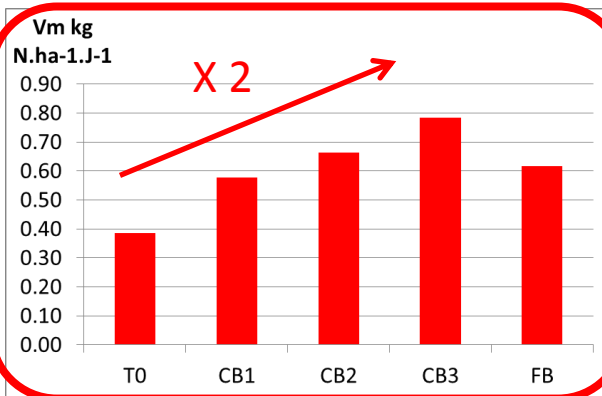
Effets des historiques d'apports de PRO (produits résiduels organiques)

Essai du Rheu (35) en sol de limon:

mesures en 2008, après 10 ans d'apports annuels (1995-2005) de 25 t/ha de fumier de bovins (FB), 12t/ha (CB1), 24 t/ha (CB2) et 36 t/ha (CB3) de fumier de bovins composté sur une monoculture de maïs fourrage, comparés à une parcelle témoin sans azote (T0)



V_m : vitesse de minéralisation journalière de l'azote organique du sol mesuré au champ

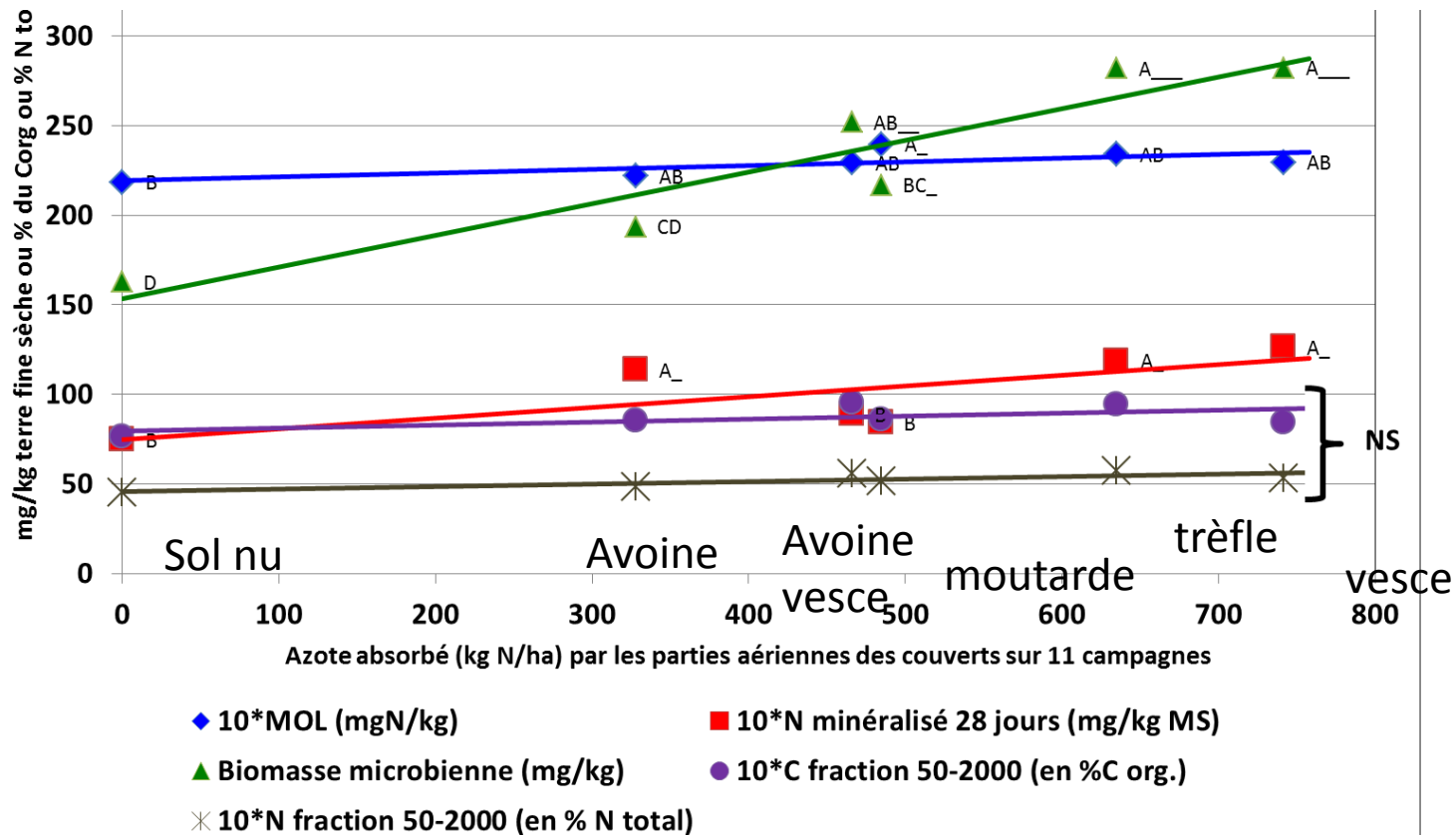


Le fractionnement granulométrique de la MO, indicateur le plus lié à la minéralisation d'azote au champ en lien avec historique d'apports de PRO

Travaux d'ARVALIS sur les Bioindicateurs

Effet de 11 ans de mise en place de CIPAN pendant l'interculture:
essai de Boigneville (91), 2003-2013

Relation entre indicateurs microbiologiques mesurés en 2014 et quantité d'azote absorbé
par les parties aériennes des CIPAN sur 11 campagnes

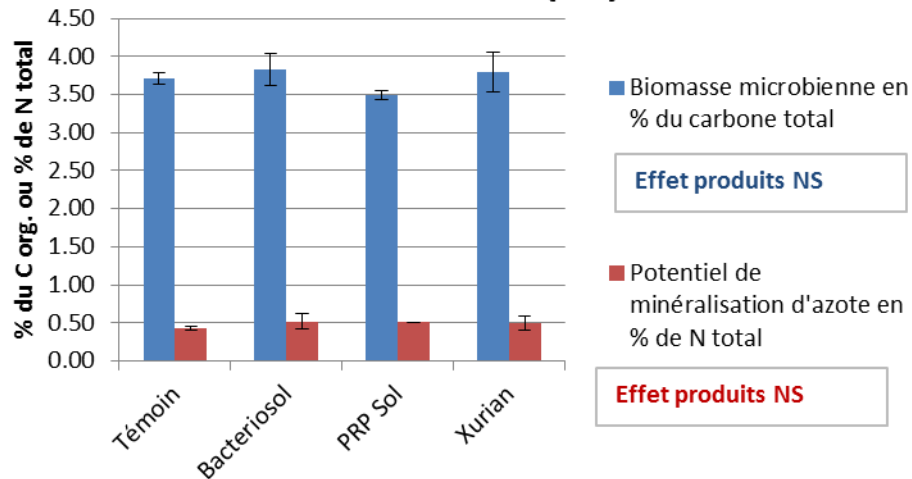


La biomasse microbienne et le potentiel de minéralisation N, discriminent le mieux les
restitutions d'azote par les CIPAN

Travaux d'ARVALIS sur les Bioindicateurs

Effet de 4 années d'apport de produits revendiquant un effet d'activation de la vie microbienne du sol sur 2 bioindicateurs

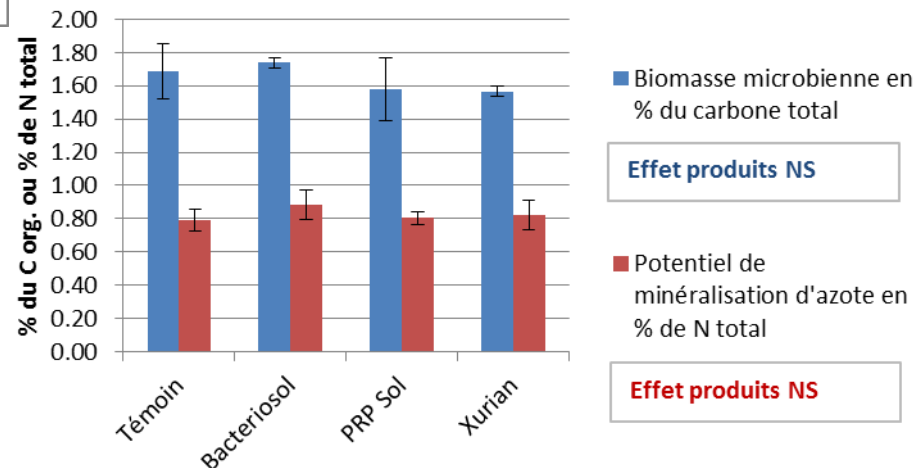
Essai de Fiac (81)



Pas d'effet significatif des 3 produits apportés de 2012 à 2015, sur la biomasse microbienne et le potentiel de minéralisation d'azote mesurés au printemps 2016 sur l'horizon 0-25 cm

Sur les 2 essais: effets non significatifs des produits sur les rendements de 2012 à 2016

Essai de Naucelle (12)



Conclusions - Perspectives

- ❑ Complexité de la « fertilité biologique du sol » vu la grande diversité des organismes vivants du sol et les interdépendances.
- ❑ Services rendus par la fertilité biologique des sols, identifiés mais encore difficiles à quantifier.
- ❑ Beaucoup de bioindicateurs, certains redondants, mais sans que l'on sache bien de quelle fonction ils relèvent
- ❑ Le champ ouvert par les indicateurs issus des outils de la métagénomique est très prometteur
- ❑ Projet **Microbioterre** (CASDAR) : un conseil de gestion des restitutions MO opérationnel en 2020.
- ❑ Projet **Agro-Eco Sol** (ADEME – Investissements d'avenir) : industrialisation d'une prestation de diagnostic et de conseil en agro-écologie en 2022



Lancement d'un nouveau groupe de Travail :

« Fertilité et Activité biologique des sols »



Animé par :

Matthieu Valé

Responsable technique
du pôle Agriculture

