



10<sup>ÈMES</sup> RENCONTRES DE LA FERTILISATION RAISONNÉE ET DE L'ANALYSE \* 23 ET 24 NOVEMBRE 2011 - **COMIFER** - **GEMAS**

# PERTINENCE DE NOUVEAUX INDICATEURS POUR EVALUER L'IMPACT DES PRATIQUES CULTURALES SUR LE FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE DES SOLS

**Matthieu Valé**

Groupe SAS Laboratoire / AGRO-Systèmes

Alain Bouthier (ARVALIS Institut du Végétal)

Robert Trochard (ARVALIS Institut du Végétal)

Rémi Chaussod (INRA Dijon)

Rachida Nouaïm – Chaussod (SEMSE)



## Comment évaluer la fertilité d'un sol ?

Observation terrain (profil)



Physique



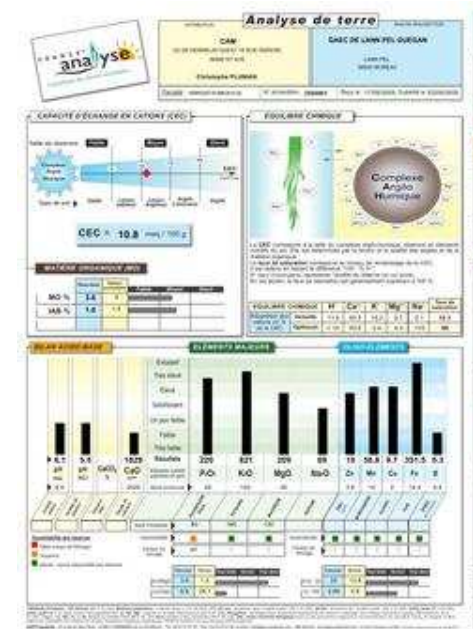
Chimique / nutritif

biologique

MO, C/N, ??



Besoin d'indicateurs pour appréhender les composantes de la qualité biologique d'un sol (productivité, état sanitaire, externalités environnementales, résilience)

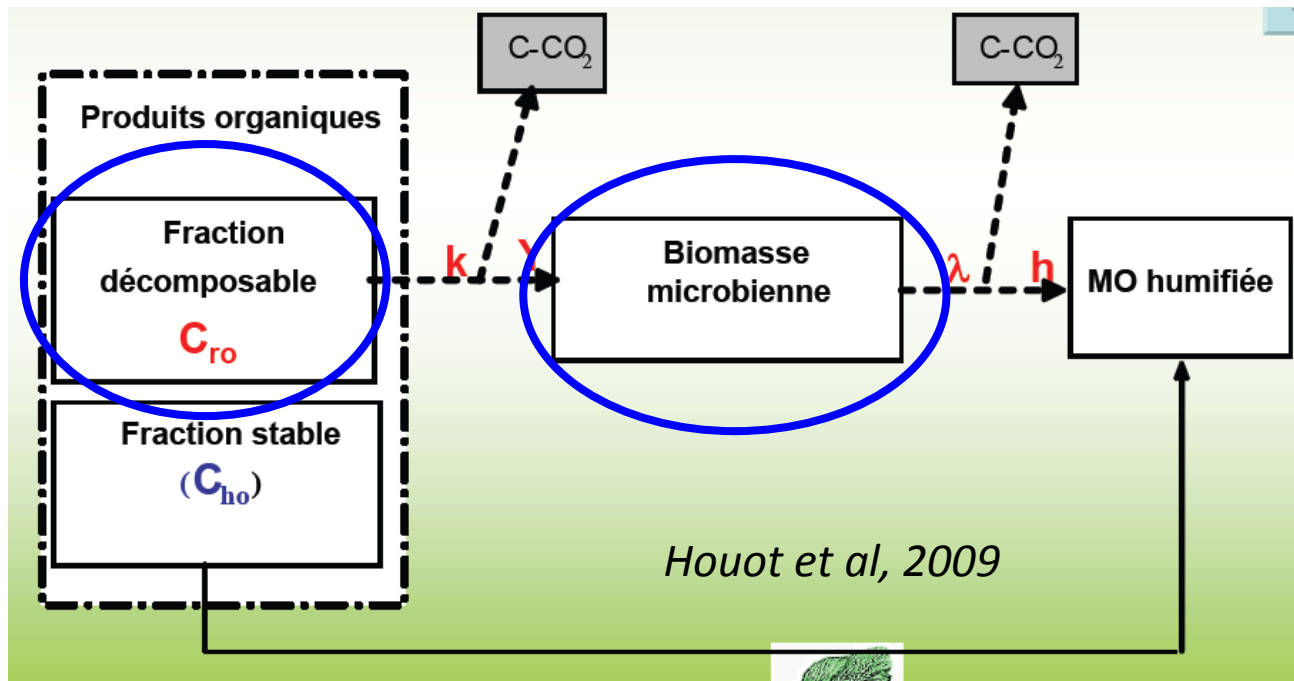


Analyse de terre (pH, P K Mg)

## Quels indicateurs pour quelles attentes ?

### La recherche / l'expérimentation

- paramétrage de modèles

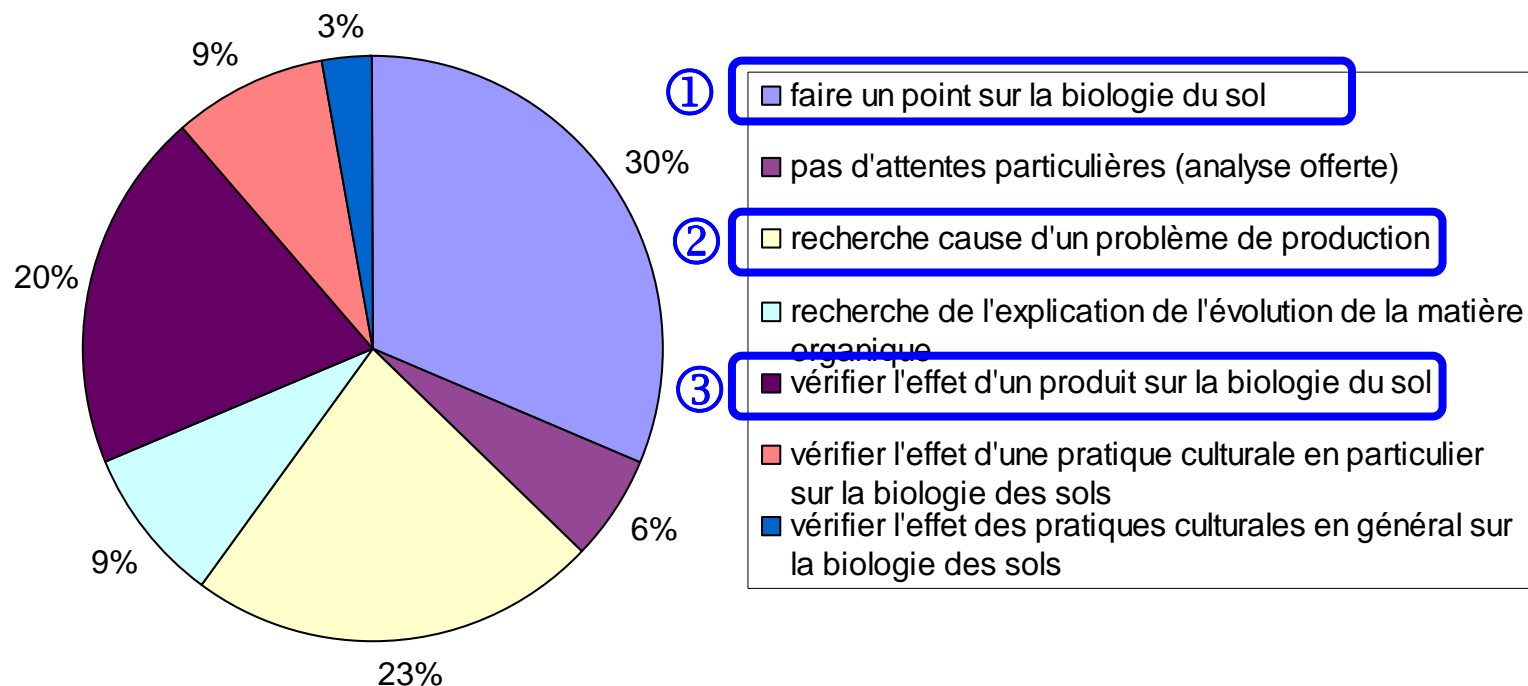


- Outils d'interprétation des essais (au champ ou en laboratoire)

## Quels indicateurs pour quelles attentes ?

### Les agriculteurs

Sondage réalisé auprès d'une centaine d'agriculteurs ayant réalisés des analyses biologiques



### La distribution / les fournisseurs

- répondre aux attentes des agriculteurs
- Outils pour le positionnement de leurs produits





## Quels indicateurs pour quelles attentes ?



opérationnalité

### Indicateurs d'expérimentation / recherche

Sensibilité au facteur étudié pour compréhension des phénomènes

→ **Construction du référentiel**

### Indicateurs d'évaluation / de suivi

Besoin de critères objectifs pour évaluer la pertinence d'un changement de système de culture (agriculture de conservation, semis direct, TCSL, ....)

→ **A posteriori et en comparatif**

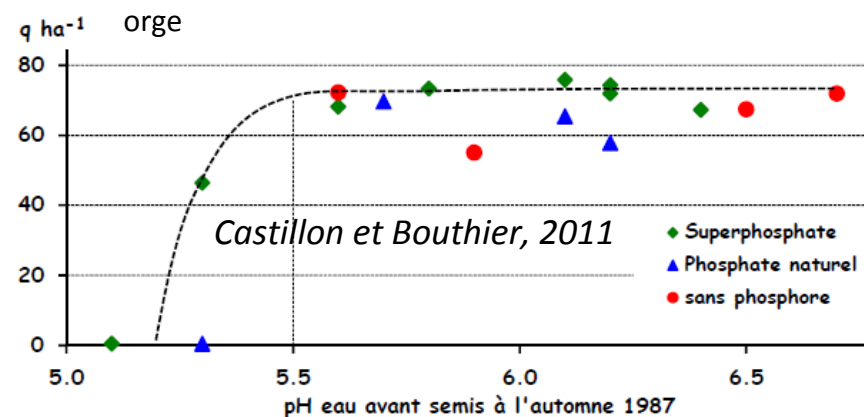
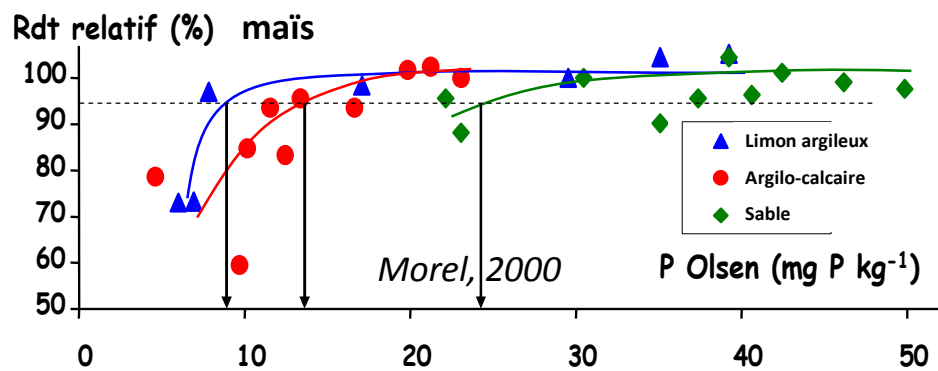
### Indicateurs de diagnostic

État des lieux d'une situation, détection problème (ou pas) et proposition de solution pour y remédier

→ **A priori et besoin de référentiel d'interprétation**

## Comment interpréter les indicateurs de qualité biologique des sols ?

Éléments nutritifs ou pH directement reliés au rendement



Biomasse microbienne : Pas de courbe de réponse du rendement

→ Relation avec d'autres facteurs impactant directement la production (stabilité structurale, fourniture en azote minéral, ...)

→ Construction de référentiel d'interprétation :

- Acquisition de données pour diverses situations agro-pédo-climatiques
- Établissement d'une valeur moyenne et d'une plage de variation



## Indicateurs de la qualité biologique des sols retenus

Critères de choix : - mesurable en laboratoire de routine (normalisés)  
- reconnus / utilisés en recherche

### → Indicateurs microbiologiques

Micro-organismes : rôle majeur dans les cycles MO et N, plus ou moins reliés aux fonctions de productivité d'un sol

<b>Abondance / caractérisation MO</b>	Biomasse microbienne Fractionnement MO Métabolites microbiens
<b>Activité microbienne</b>	Potentiels de minéralisation Activités enzymatiques
<b>Diversité fonctionnelle</b>	Aptitudes métaboliques

Analyses réalisées par SEMSE et SAS Laboratoire, financées par ARVALIS

## **Dispositifs expérimentaux : Essais de longue durée d'ARVALIS**

### **Apport de produits résiduels organiques (PRO)**

→ La Jaillière (44), Le Rheu (35), Jeu les Bois (36)  
10 ans d'apports différenciés de PRO issus d'élevages

### **Mise en place de CIPAN**

→ Thibie (51, essai AREP), Kerlavic (29, essai CA29/CRAB – ARVALIS), Boigneville (91)  
Implantation de moutarde, ray-grass ou radis pendant 13 à 17 ans

### **Travail du sol**

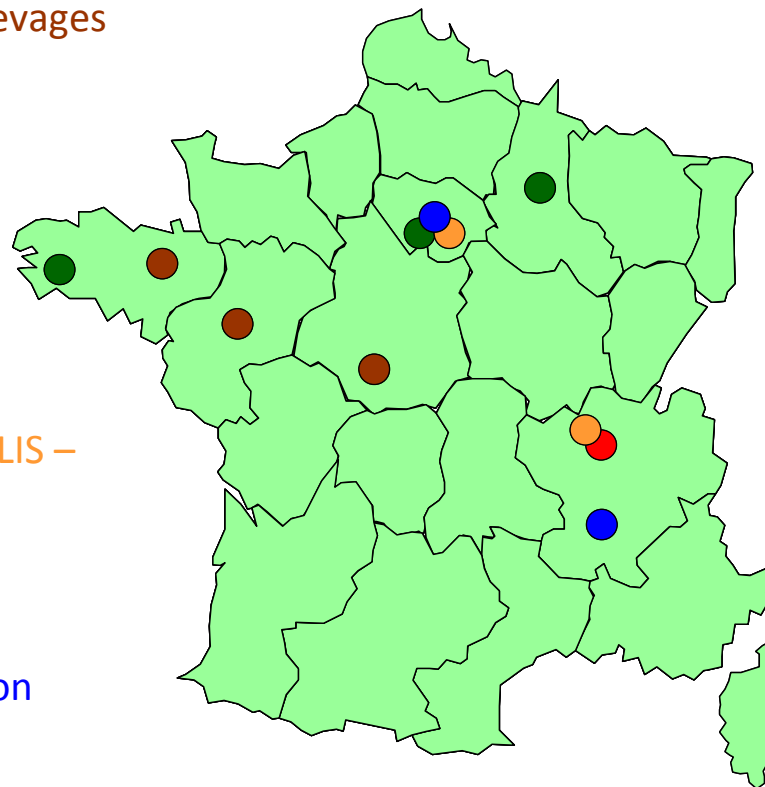
→ Boigneville (91) – 40 ans , St Exupéry (69, essai ARVALIS – CREAS) – 8 ans  
Comparaison labour / travail superficiel / semis direct

### **Agriculture biologique**

→ Etoile sur Rhône (26), La Motte (95) : comparaison de rotations culturales

### **Niveaux d'intensification**

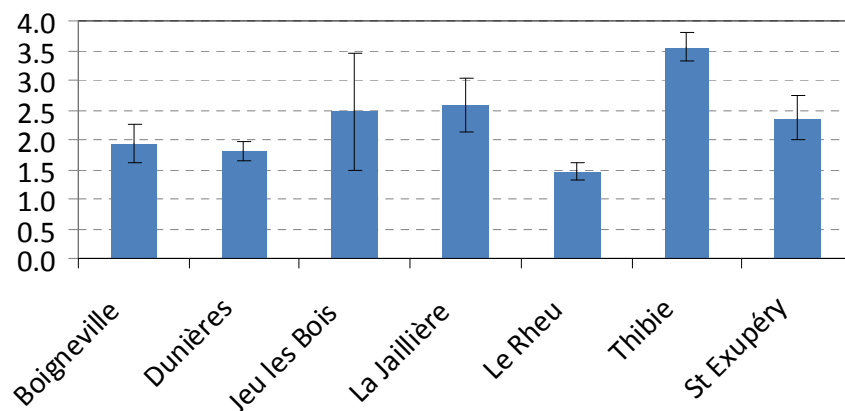
→ St Exupéry (69, essai ARVALIS – CREAS) : différents niveaux de fertilisation et de protection phytosanitaire depuis 2003



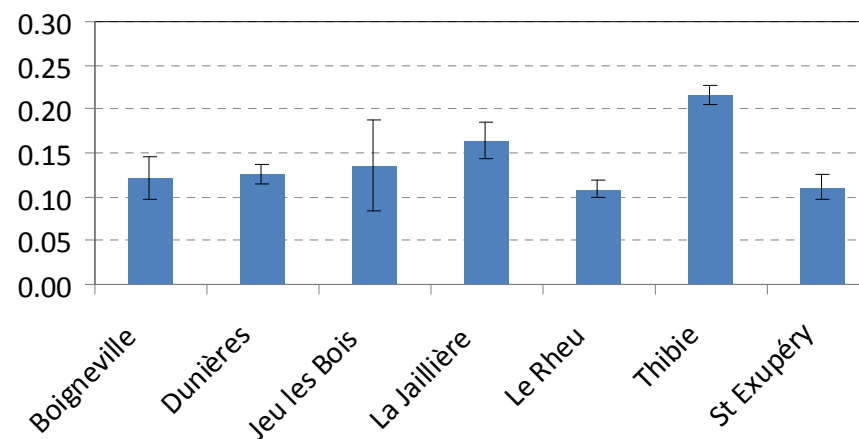


## Dispositifs expérimentaux : Essais de longue durée d'ARVALIS

MATIERE ORGANIQUE % sec

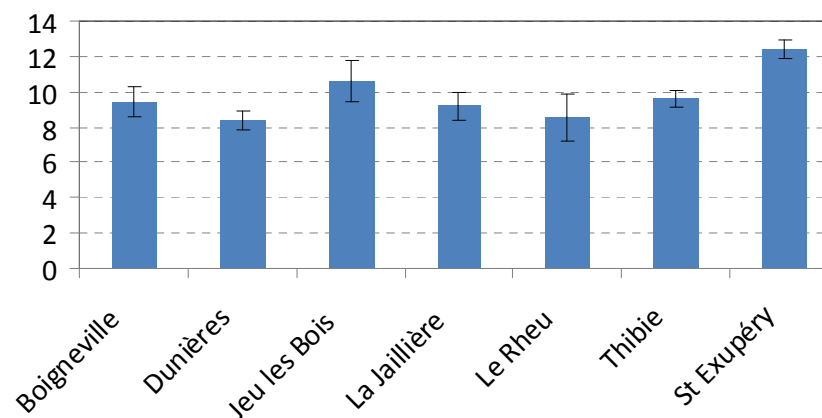


Azote Total DUMAS % sec



Site	Type de sol
Boigneville	Limon argileux
Dunières	Limon sablo argileux (±calcaire)
Jeu les bois	Sable limoneux
La Jaillière	Limon argileux sur schiste
Le Rheu	Limon battant
Thibie	Craie
St Exupéry	Graviers

Rapport C/N



## Abondance / caractérisation MO

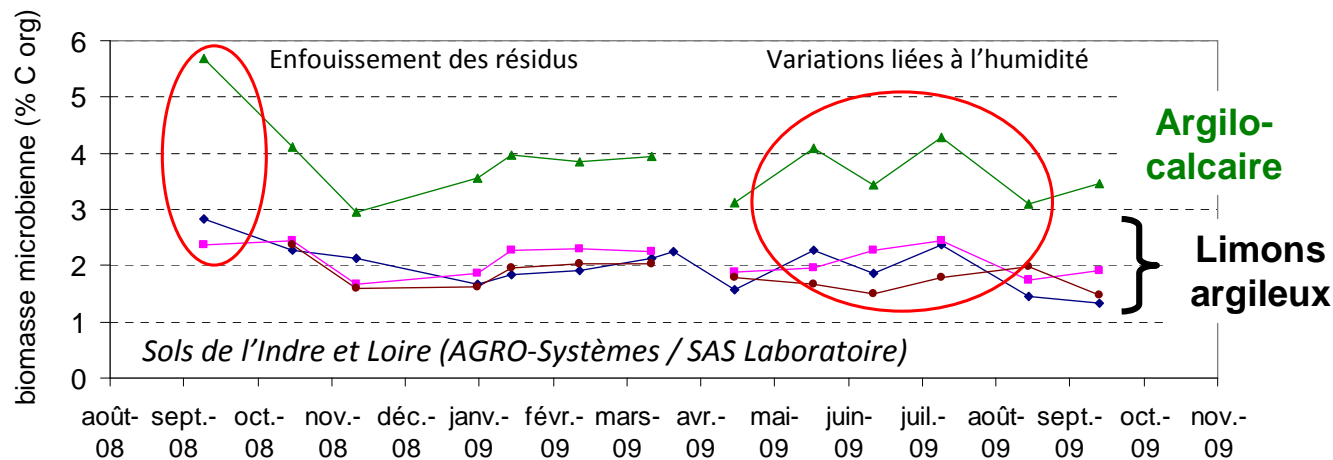
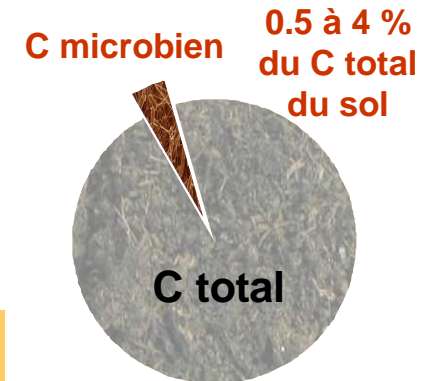
## Biomasse microbienne



Mesure normalisée (NF EN ISO 14240-2, méthode par fumigation – extraction)

Quantification de carbone microbien, donc d'une fraction vivante de la MO (MOV)

→ Indicateur d'abondance, pas d'activité



Variabilité en fonction :

- du type de sol
- du climat
- De l'apport récent de MO

Méthode de prélèvement identique à l'analyse classique, mais restriction de période pour les indicateurs d'abondance et d'activité + acheminement rapide au laboratoire

## Abondance / caractérisation MO

## Fractionnement MO



Mesure normalisée (NF X31-516,  
Fractionnement granulo - densimétrique  
des matières organiques particulaires du  
sol dans l'eau)



Fraction grossière (200 - 2000  
µm) : débris végétaux

→ **MO résidus**

Fraction intermédiaire (50 - 200  
µm) : MO peu évoluée

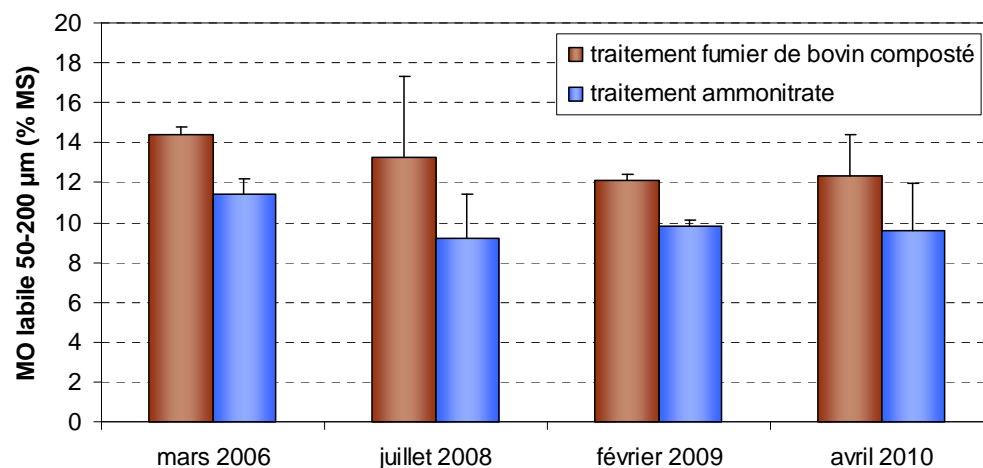
→ **MO labile**

Fraction fine (0 - 50 µm) :  
MO évoluée, très dégradée

→ **MO humifiée**

50 -  
2000  
µm :  
**MO  
labile**

Essai PRO de la Jaillière arrêté en 2006



✓ Persistance de l'effet discriminant  
dans le temps

✓ Fractionnement MO moins sensible  
à la date de prélèvement

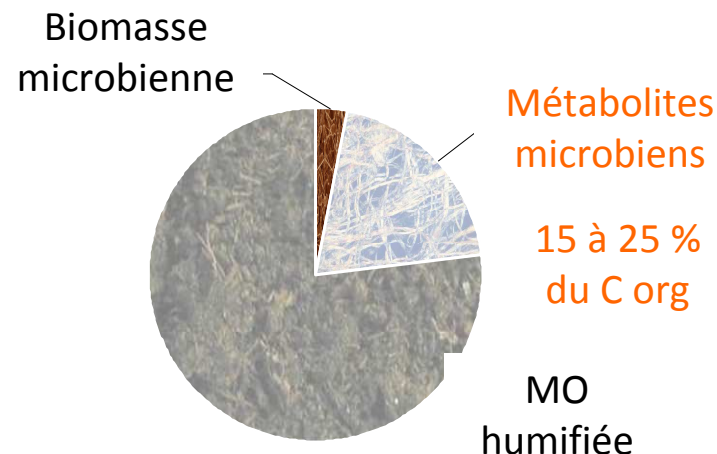
## Abondance / caractérisation MO

extraction d'une fraction de carbone labile basée sur la désorption-solubilisation des matières organiques labiles par l'eau chaude sous pression équilibrante (autoclavage)

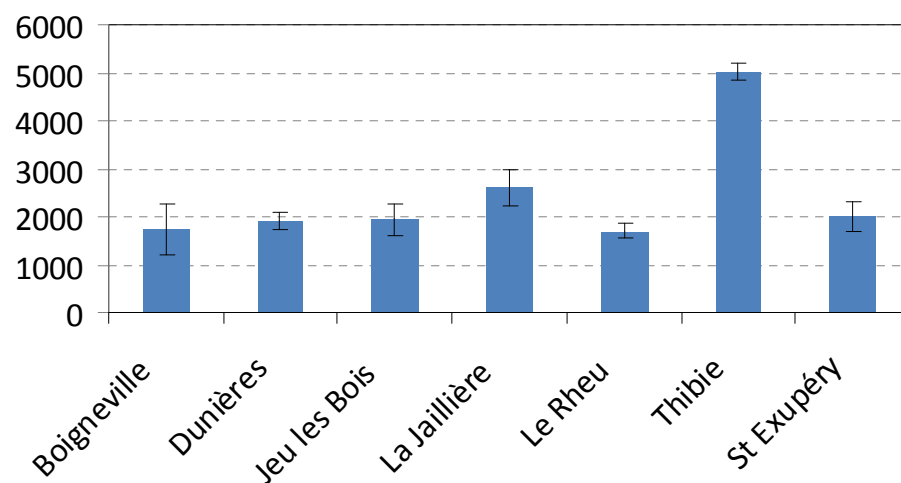
Pertinent pour prédire la minéralisation azote (Valé, 2006)

Méthodologie en cours de routinisation

## Métabolites microbiens



### Métabolites microbiens (mg/kg MS)



Pour les indicateurs d'abondance, la variabilité inter – sites est plus importante que la variabilité intra – site

→ L'effet du pédoclimat prédomine sur l'effet des pratiques culturales

→ Besoin d'un référentiel d'interprétation par situation agro-pédo-climatique



## Activité microbienne

## potentiels de minéralisation C et N

Incubation de sol en conditions contrôlées (méthode dérivée de la XP U44-163)

### Minéralisation C organique

mesure du dégagement de CO<sub>2</sub>



28 jours en incubation à 28°C sont équivalents à 5 à 8 mois au champ (à 10 - 13°C de moyenne)

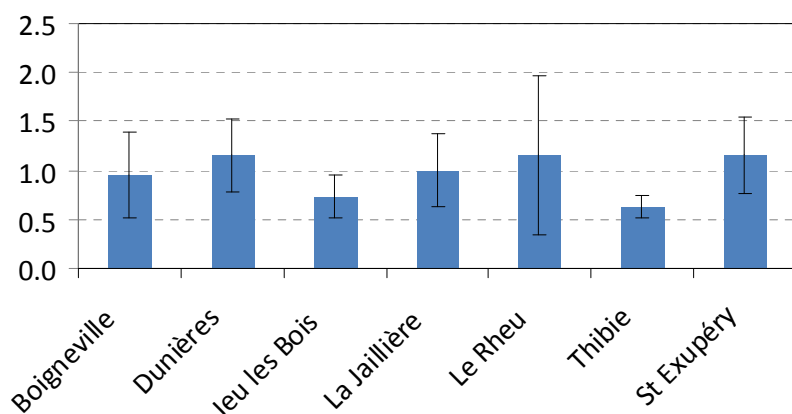
→ Indicateur d'activité microbienne

### Minéralisation N organique

mesure de la variation de stock d'azote minéral



N minéralisé 28 jours 28°C (% N org)

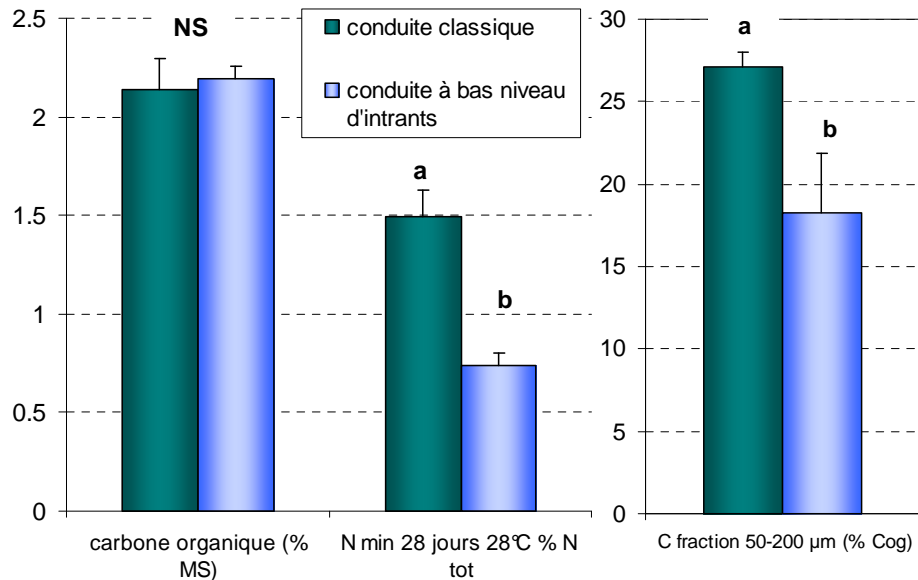
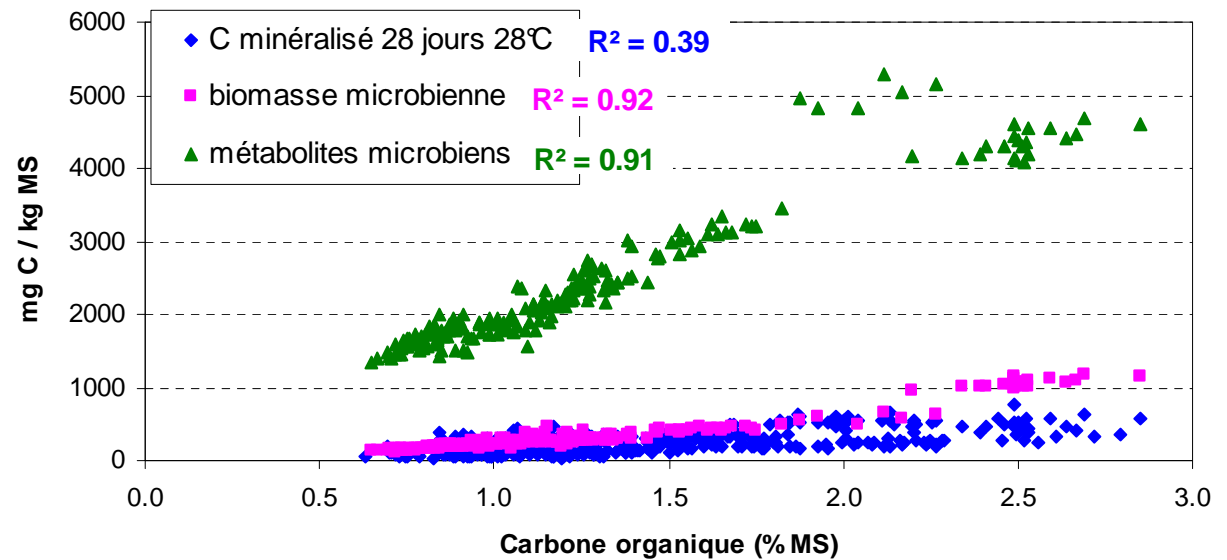


L'effet du pédoclimat est toujours important mais les potentiels de minéralisation semblent bien répondre aux historiques différenciés des essais longue durée



## Redondance de certains indicateurs exprimés en mg/kg

Apportent-ils plus d'information que la teneur en MO ?



Expression des indicateurs en % de C ou N permet de discriminer des situations non différenciées par les analyses classiques

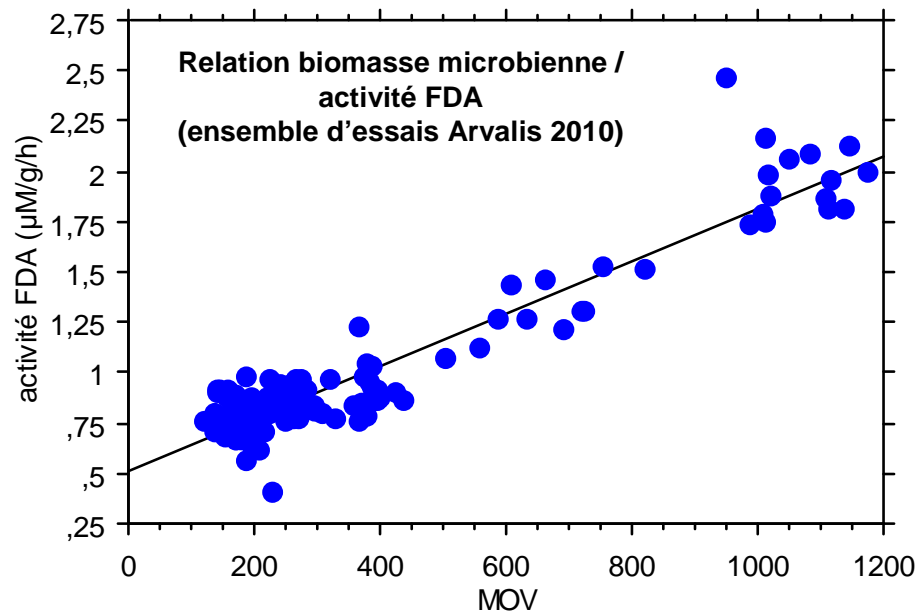
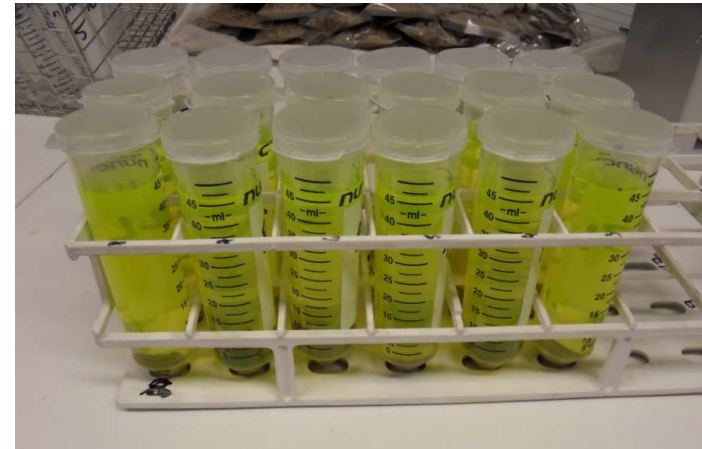
Essai niveaux d'intensification depuis 2003 (St Exupéry)

## Activité microbienne

## Activité enzymatique FDA hydrolase

mesure avec un spectrophotomètre de la dégradation du diacétate de fluorescéine (FDA) par les enzymes des micro-organismes du sol

Activité enzymatique généraliste

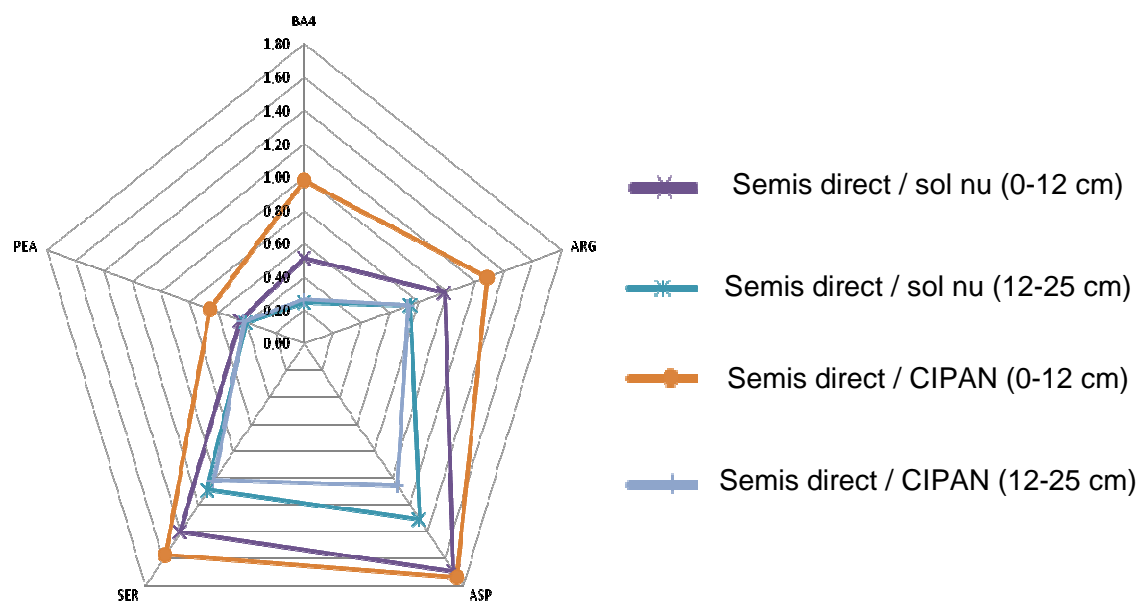
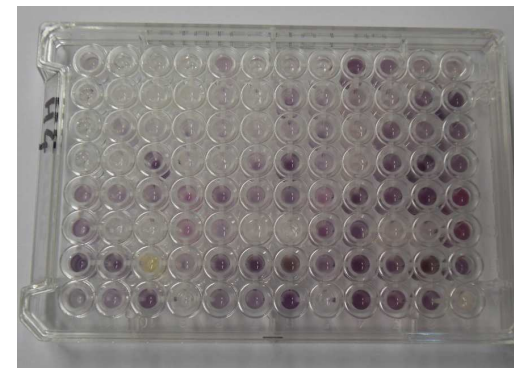


Réponse de cet indicateur aux conditions pédoclimatiques et aux pratiques culturales à préciser

## Diversité fonctionnelle

## Aptitudes métaboliques

Mesure de l'aptitude de la microflore du sol à utiliser pour sa croissance des substrats différents : substrats carbonés simples (sucres, acides carboxyliques...) ou complexes (polymères), substrats azotés (acides aminés, amines), etc.



**Indicateur le plus pertinent pour discriminer l'effet CIPAN**

**Aptitudes métaboliques (substrats azotés) dans le site de Boigneville**

## Synthèse des effets des historiques sur les indicateurs de l'activité biologique des sols

+ : effet significatif 0 : pas d'effet mis en évidence	Apports de PRO (6 essais)	CIPAN (3 essais)	TCS (0-10 cm) (3 essais)	Prairie/ cultures annuelles (2 essais)	Niveau d'intensification (1 essai)
%C, %N, C/N	+	0 (+ sur C/N)	+	+	0
Fractionnement granulométrique	+	0	0 à +	+	+
Biomasse microbienne	+	0	+	+	+
Métabolites microbiens	+	0	+	+	0
Minéralisation C et N	+	0 à +	+	+	+ (N)



## Conclusion

- ✓ **Effets contextes pédoclimatiques > effets historiques**

- Construction de référentiels d'interprétation par zones pédoclimatiques

- ✓ **Bonne discrimination des historiques PRO, CIPAN, travail du sol**

- pertinence des indicateurs retenus

- ✓ **Poursuite des travaux**

- test sur d'autres essais, synergie avec les travaux en cours (programme Bio-indicateurs de l'ADEME, ...), normalisation des indicateurs en évaluation, tests d'autres indicateurs (ADN microbien, ...)

Tous les indicateurs testés ne deviendront pas des indicateurs de diagnostics. Ils ne sont pas pour autant dénués d'intérêts → ils peuvent être valorisés comme outils de dialogue sur le choix des pratiques culturales