

# L'essai DOC

Collection de transparents



# L'essai DOK: Les rendements

## Liens

[DOK-Versuch \(FiBL Website\)](#)

[Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»](#)

[Film DOK-Versuch \(SWR\): «Input/Output von Bio und konventionell im Vergleich»](#)

[Film «Der DOK-Versuch: Ein Juwel für die Bodenforschung»](#)

[Film «DOK-Versuch: Biologische und konventionelle Landwirtschaft im Langzeitvergleich»](#)

# L'essai DOC

## Essai en plein champ de longue durée unique au monde

### **L'essai DOC : L'essai en plein champ de longue durée le plus significatif du monde pour la comparaison des systèmes agricoles biologiques et conventionnels**

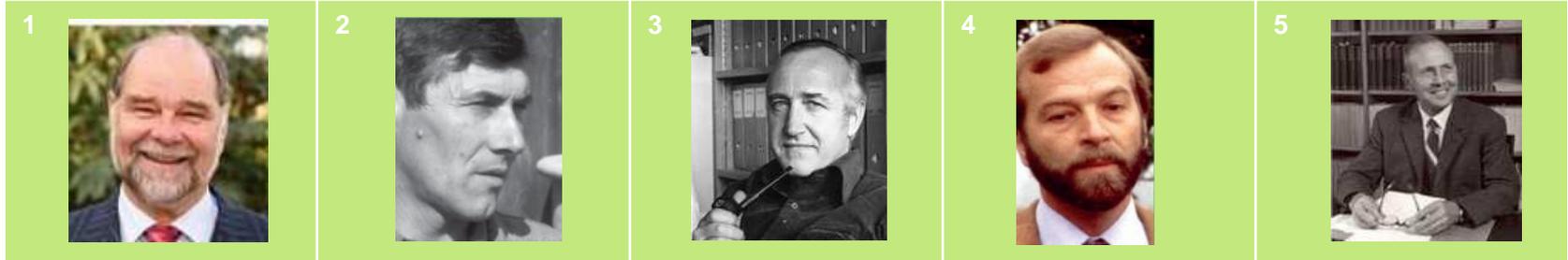
- › Depuis 1978
- › Dispositif d'essai proche de la pratique toujours au même endroit
- › BioDynamique (D), Organo-biologique (O), Conventionnel (C)
- › Procédé conventionnel purement minéral (M)
- › Variante sans fumure (N)
- › Grandes cultures comme blé, pommes de terre, maïs, soja, prairies

Les système agricoles de l'essai se différencient avant tout par la fertilisation et la protection phytosanitaire

Rotation culturale, travail du sol, choix des variétés identiques pour tous les procédés

# L'essai DOC

## Pratique, science et politique



### Initiative pour une comparaison des systèmes

- › Pionniers de l'agriculture biologique (*Hardy Vogtmann*<sup>1</sup>, *Fritz Baumgartner*<sup>2</sup>)
- › Chercheurs de l'EPFZ (*Philippe Matile*<sup>3</sup>) et de la FAC (*Jean Marc Besson*<sup>4</sup>)
- › Négociations au Conseil national (*Heinrich Schalcher*<sup>5</sup>)

Agroscope (FAC Liebefeld) et FiBL mandatés en 1973 pour la planification et la réalisation de l'essai DOC

But : Le bio est-il seulement faisable ?

Paramètres biologiques de la qualité du sol recensés depuis les années 1990

# L'essai DOC

## Les principaux résultats en bref (1)

### Niveau de rendement

- › Le bio est 20 % en dessous du conventionnel  
(avec en moins 65 % d'azote minéral, 40 de phosphore et 45 % de potassium)

### Bilans à long terme des apports et des retraits d'éléments nutritifs

- › Bilans de fumure négatifs pour tous les procédés
- › Le bio est encore plus négatif que le conventionnel pour le P et K

### Consommation d'énergie

- › Bio : 30-50 % de moins (par rapport à la surface)
- › Bio : 19 % de moins (par unité de rendement ; en tenant compte de l'énergie pour la fabrication des engrais et des pesticides)

### Teneur en matière organique (humus)

- › En diminution dans tous les procédés
- › Stable pendant les 21 premières années en biodynamie
- › Différence significative entre biodynamique et minéral

# L'essai DOC

## Les principaux résultats en bref (2)

### Qualité du sol

- › Paramètres chimiques, physiques et biologiques de la qualité du sol améliorés dans les procédés biologiques
- › Fertilité du sol et biodiversité supérieures dans les procédés biologiques

### Biodiversité

- › Biodiversité supérieure dans les procédés biologiques (vers de terre, insectes, adventices, champignons mycorhiziens)

# L'essai DOC

## Approche systémique et questions de recherche

L'essai DOC n'est pas statique mais semistatique/dynamique.

- › Les procédés principaux (D, O, C, M, N) ont été maintenus au fil des ans.
- › Adaptation aux dernières évolutions dans les techniques de production de chaque système (rotation culturale, protection phytosanitaire, choix des variétés, engrais verts) tous les sept ans après chaque période d'assolement.

L'essai DOC suit une approche systémique intégrative : il ne compare par certains facteurs mais des systèmes agricoles entiers.

- › L'agriculture biologique est un système global et holistique (le tout est plus grand que la somme de ses parties).

Les questions de recherche de l'essai DOC se sont modifiées.

- › A l'origine: Est-ce que l'agriculture biologique fonctionne ? (entre autres intérêt pour les rendements).
- › De plus en plus : Élargissement à des questions écologiques centrales et à des processus essentiels qui se déroulent dans le sol.

# L'essai DOC

## Thèmes de recherche actuels

Efficacité agronomique, écologique et économique du système agricole

- › Qualité des denrées alimentaires et fourragères
- › Stabilité de la production sur de longues périodes
- › Efficience des ressources (énergie et éléments nutritifs)

Cycles des éléments nutritifs et de l'énergie

- › Interactions entre le sol et les racines (p. ex. rhizodéposition)
- › Transformations des éléments nutritifs (processus microbiologiques)
- › Processus d'autorégulation (p. ex. maîtrise des ravageurs transmis par le sol)
- › Populations de microorganismes dénitrifiants (NFP 68)

Influences des nouvelles techniques sur la qualité du sol

- › Organismes de lutte biologique (p. ex. bactéries pour réprimer les maladies des racines)
- › Nouvelles sélections (p. ex. variétés de blé conventionnelles / biologiques)

# L'essai DOC

## Thèmes de recherche actuels

### Développement des méthodes (essayer de nouvelles méthodes)

- › Biodiversité du sol
- › Composition en protéines et en acides aminés (de denrées alimentaires et fourragères)
- › Dégustation de blés de l'essai DOC
- › Méthodes morphogénétiques (Johannes Kahl)

### Climat

- › Le sol comme puits de carbone
- › Le sol comme source de gaz à effet de serre  
(Sources et absorptions des gaz à effet de serre dans les sols agricoles suisses)

# L'essai DOC

## La recherche sur l'essai DOC

### En général

- › Déjà plus de 200 publications sur l'essai DOC
- › Actuellement plusieurs thèses de doctorat dans le cadre de projets du Programme national de recherche PNR 68
- › L'essai DOC est utilisé par de nombreux projets de l'UE
- › L'essai DOC a été enregistré dans la liste des infrastructures de recherche d'importance nationale

# L'essai DOC

## Le dispositif d'essai – Informations détaillées

### Caractéristiques de l'emplacement

- › Lieu de l'essai : Leimental près de Bâle, 300 m. alt.
- › Température annuelle moyenne 9,5 °C, précipitations annuelles : 792 mm
- › Sol : terre para brune faiblement pseudo gléique sur loess

### Plan en blocs aléatoires avec quatre répétitions

- › 96 parcelles de 100 m<sup>2</sup> chacune (5 x 20m)
- › Trois cultures par année sur une période de rotation culturale de sept ans
- › Deux niveaux de fertilisation par procédé (D1/D2, O1/O2, C1/C2)
- › Procédé conventionnel, purement minéral M (uniquement niveau de fertilisation 2)
- › Variante non fertilisée (N)
- › Premier niveau de fertilisation: 0.7 DGVE/ha
- › Deuxième niveau de fertilisation: 1,4 DGVE/ha (usuelle dans la pratique, depuis 1991)
- › C1, C2, M conformes aux exigences PER à partir de 1985

# L'essai DOC

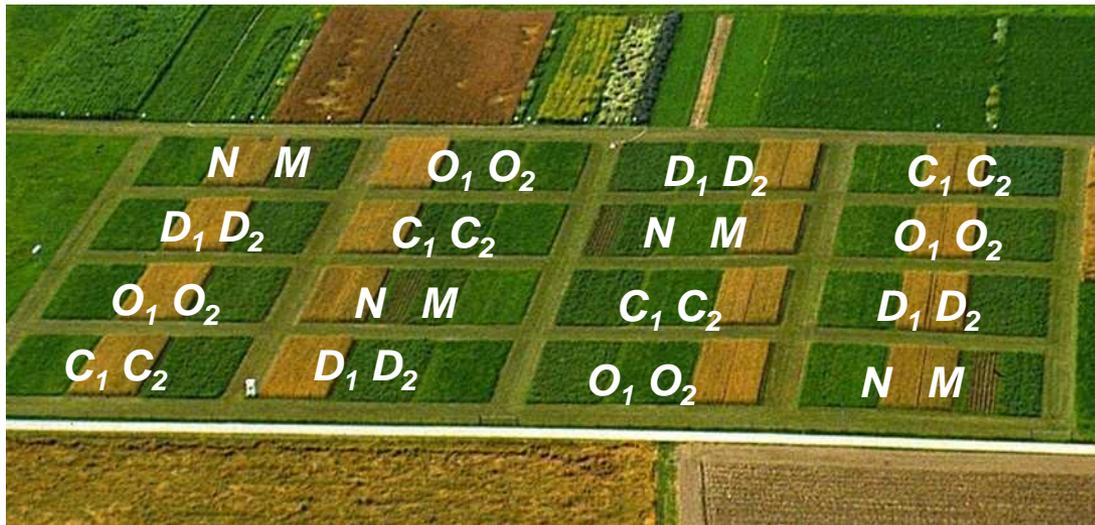
## Le dispositif de l'essai

8 procédés

3 cultures par année

4 répétitions

96 parcelles de 100 m<sup>2</sup>



### Rotation culturale

Maïs

Soja (engrais vert)

Blé d'automne (engrais vert)

Pommes de terre

Blé d'automne

Prairie temporaire

Prairie temporaire

D<sub>1,2</sub> : biodynamique

O<sub>1,2</sub> : organo-biologique

C<sub>1,2</sub> : conventionnel

M : conventionnel, minéral

N : sans fumure

1 : premier niveau de fertilisation : 0.7 UGBF/ha

2 : deuxième niveau de fertilisation : 1.4 UGBF/ha

C reçoit des engrais minéraux en plus du fumier et du lisier

# L'essai DOC

## Les procédés

Procédé	Sans fumure	Biodynamique		Organo-biologique		Conventionnel (PI)		Minéral (PI)
	N	D1	D2*	O1	O2*	C1	C2*	M*
(anglais)		BIODYN		BIOORG		CONFYM		CONMIN
Fertilisation								
Engrais de ferme	-	Fumier composté, lisier		Fumier décomposé, lisier aéré		Fumier en tas, lisier		-
UGBF	-	0.7	1.4	0.7	1.4	0.7	1.4	-
Engrais minéraux	-	-		Poudre de roche, potasse magnésienne		Engrais complémentaires NPK		Seult. engrais minéraux NPK
Protection phytosanitaire								
Adventices	Mécanique	Mécanique			Mécanique et chimique			
Maladies	Prévention	Mesures préventives			Chimique (d'après seuils tolérance)			
Ravageurs	Extraits de plantes, antagonistes	Extraits de plantes, antagonistes			Chimique (d'après seuils tolérance)			
Spécificités	Préparations biodynamiques	Préparations biodynamiques			Raccourcisseurs de tiges			

\* Fumure usuelle dans la pratique

# L'essai DOC

## La rotation culturale

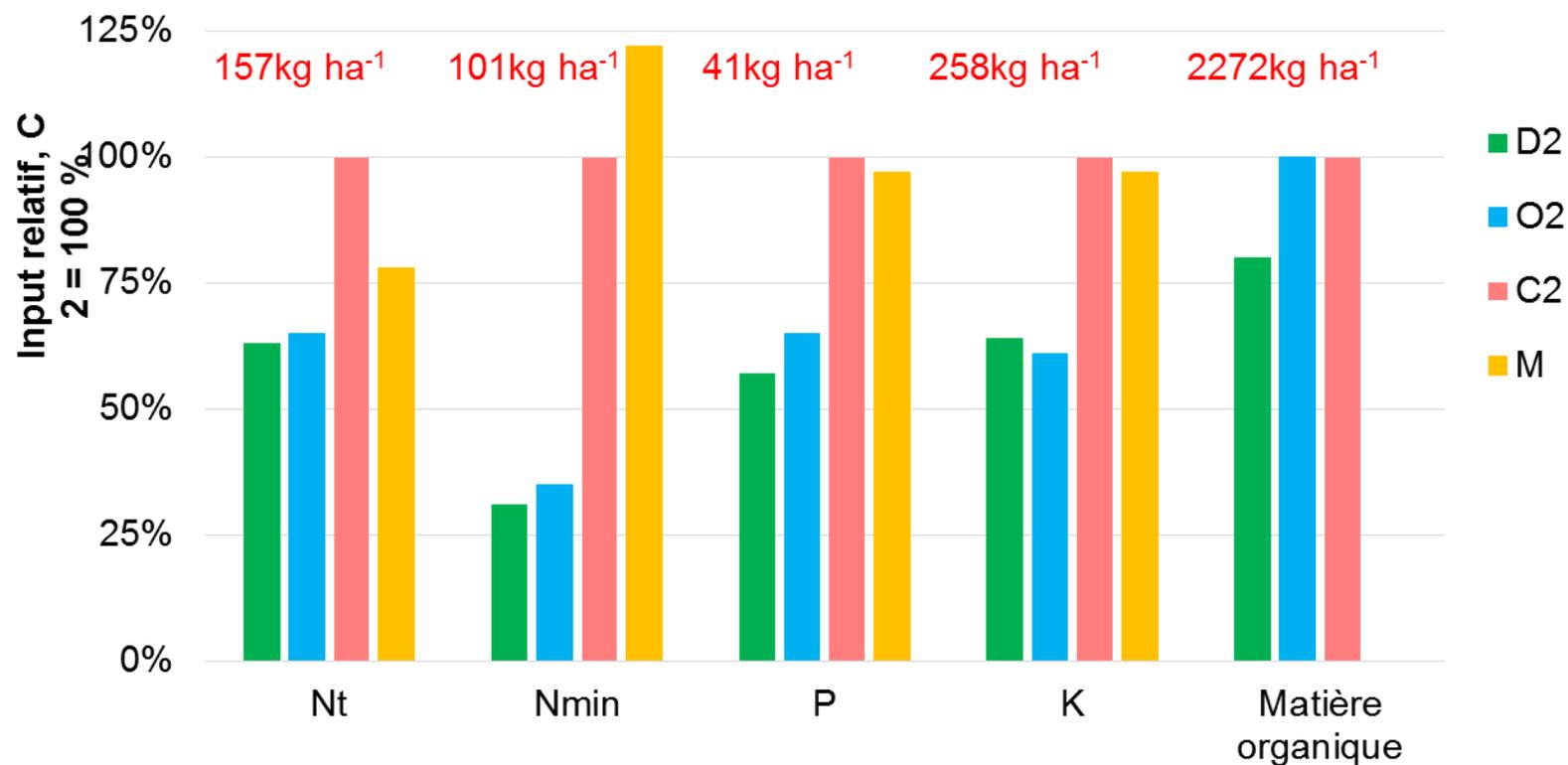
Année	1 <sup>ère</sup> PRC 1978-1984	2 <sup>ème</sup> PRC 1985-1991	3 <sup>ème</sup> PRC 1992-1998	4 <sup>ème</sup> PRC 1999-2005	5 <sup>ème</sup> PRC 2006-2012	6 <sup>ème</sup> PRC 2013-2019
1	Pommes de terre Engrais vert	Pommes de terre Engrais vert	Pommes de terre	Pommes de terre	Maïs d'ensilage	Maïs d'ensilage
2	Blé d'automne 1 Dérobée fourragère	Blé d'automne 1 Dérobée fourragère	Blé d'automne 1 Dérobée fourragère	Blé d'automne 1 Engrais vert	Blé d'automne 1 Engrais vert	Soja Engrais vert
3	Chou blanc	Betterave rouge	Betterave rouge	Soja Engrais vert	Soja Engrais vert	Blé d'automne 1 Engrais vert
4	Blé d'automne 2	Blé d'automne 2	Blé d'automne 2	Maïs d'ensilage	Pommes de terre	Pommes de terre
5	Orge d'automne	Orge d'automne	Prairie temporaire I	Blé d'automne 2	Blé d'automne 2	Blé d'automne 2
6	Prairie temporaire I	Prairie temporaire I	Prairie temporaire II	Prairie temporaire I	Prairie temporaire I	Prairie temporaire I
7	Prairie temporaire II	Prairie temporaire II	Prairie temporaire III	Prairie temporaire II	Prairie temporaire II	Prairie temporaire II

# L'essai DOC

## Les éléments nutritifs

### DOC : Input moyen d'éléments nutritifs 1978-2005

Source : Mäder et al., 2006, ISOFAR

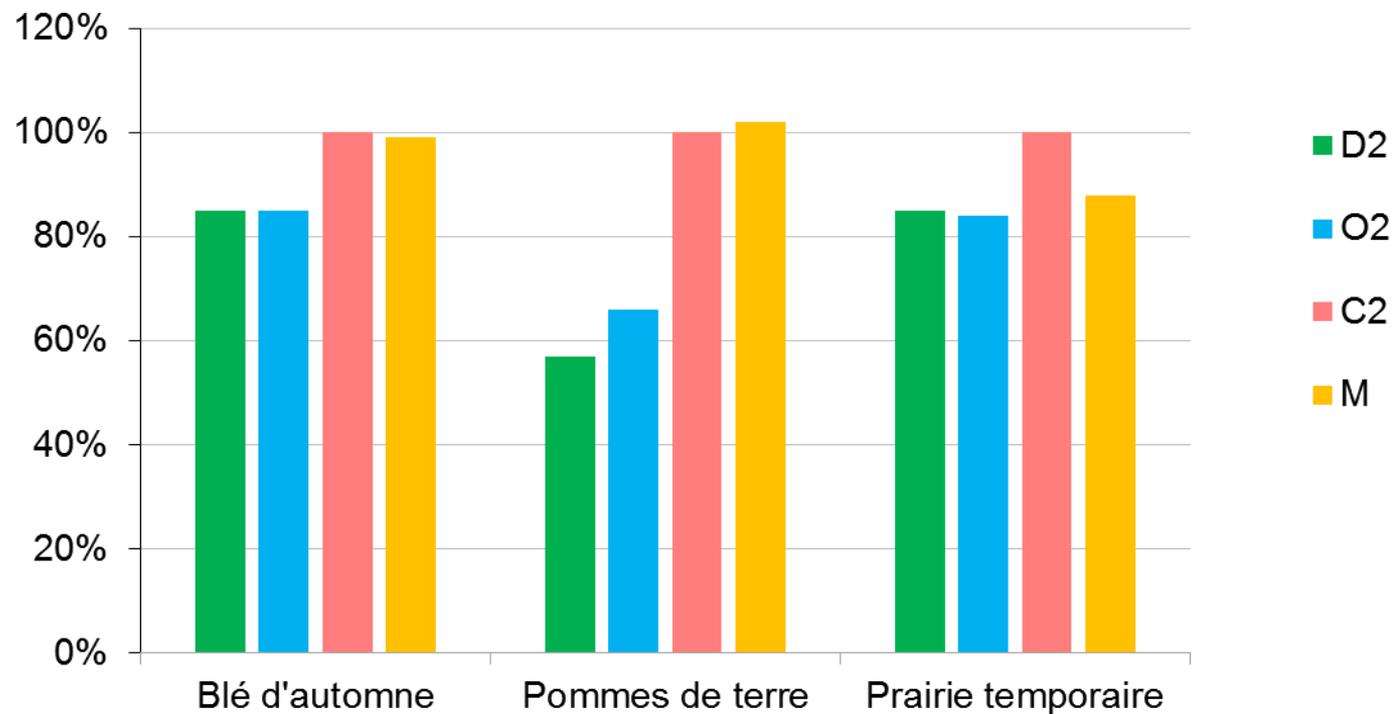


# L'essai DOC : Les rendements

## Vue d'ensemble

### DOC : Rendements relatifs 1978-1998 (C = 100%)

Source : Jossi et al., 2009



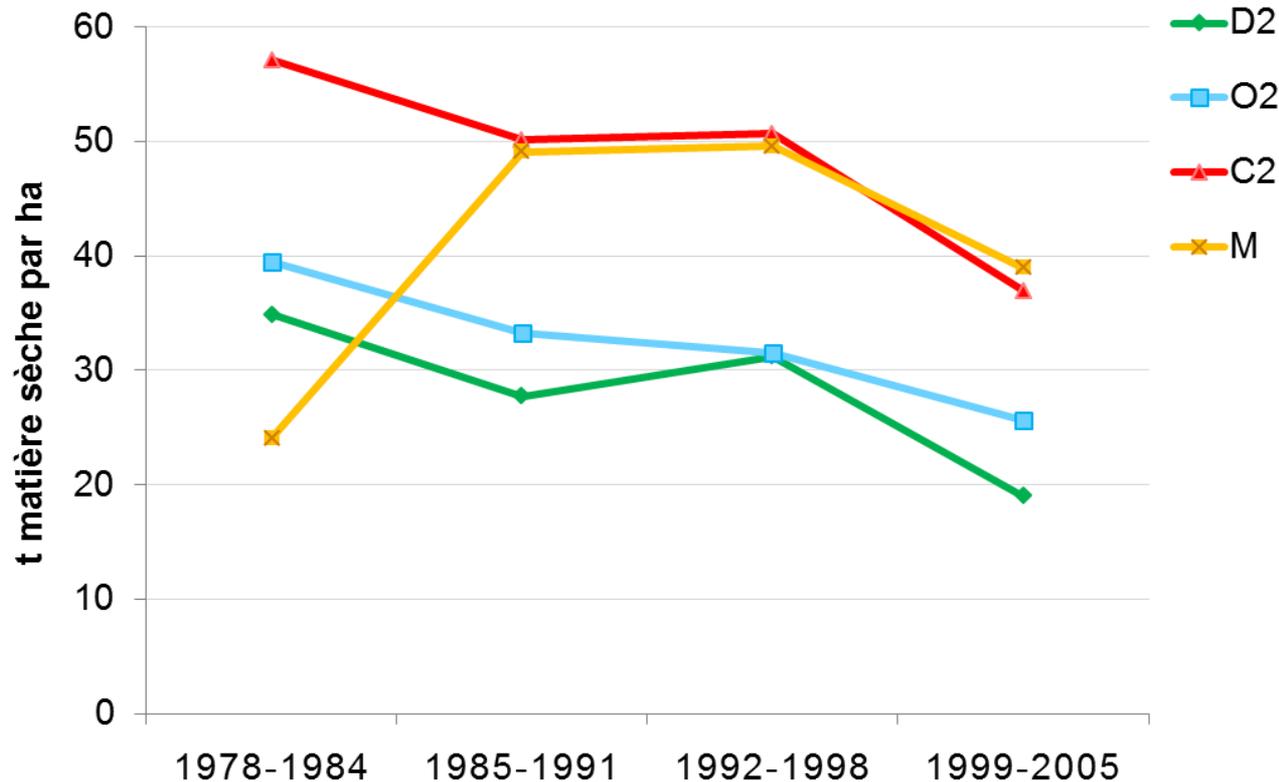
# L'essai DOC : Les rendements

## Pommes de terre

### DOC :

### Rendements des pommes de terre 1978-2005

Source : FiBL



Bio en moyenne 40 % de rendement de moins

Causes : gros besoins d'azote pour courte durée de culture, forte sensibilité aux maladies

M sans fumure en 1ère PRC

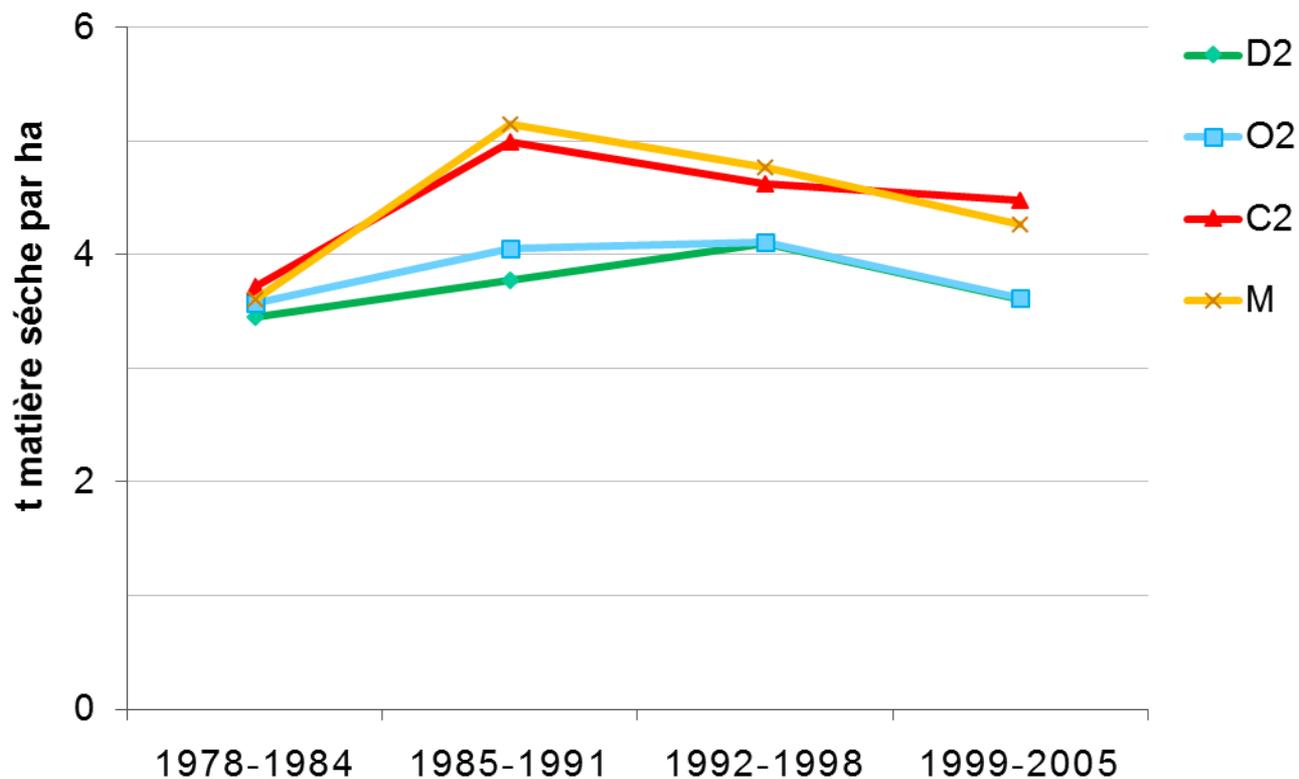
Diminution depuis 1998

# L'essai DOC : Les rendements

## Blé d'automne

### DOC: Rendements du blé d'automne

1978-2005 Quelle: FiBL



Blé stable

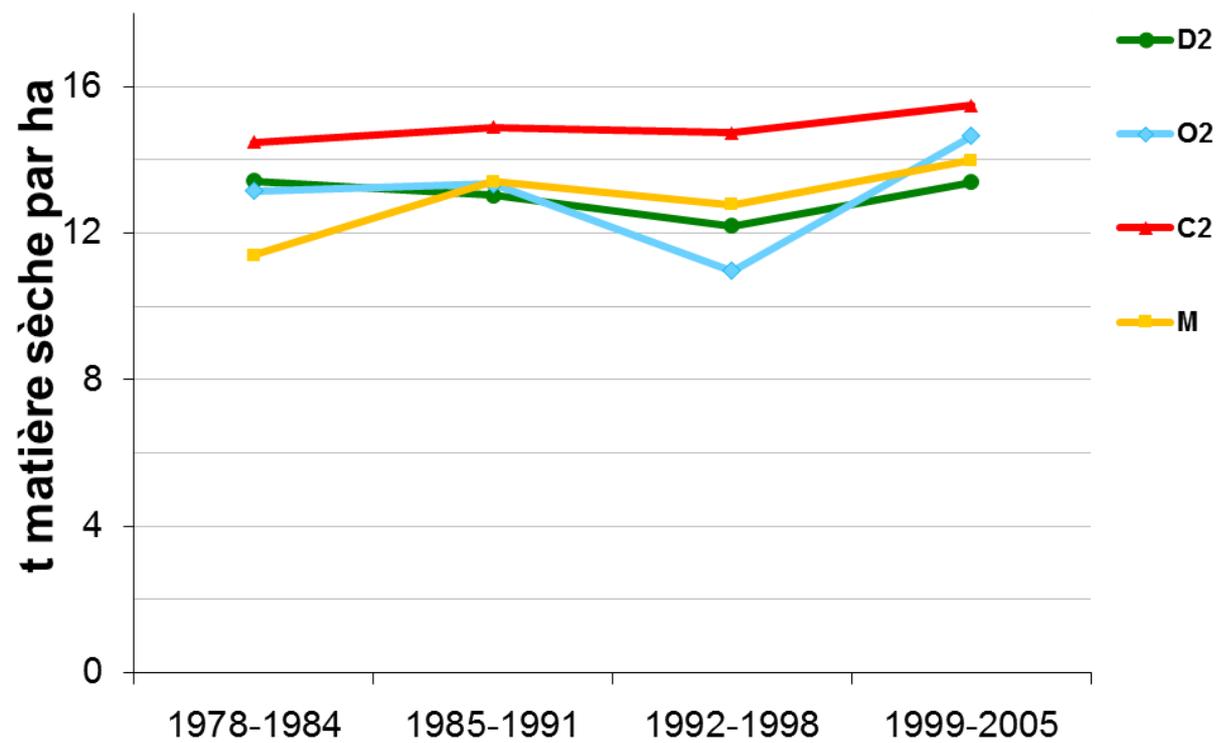
Bio en  
moyenne 22 %  
de rendement  
de moins

# L'essai DOC : Les rendements

## Prairies temporaires

### DOC : Rendement des prairies 1978-2005 en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année d'utilisation

Source : FiBL

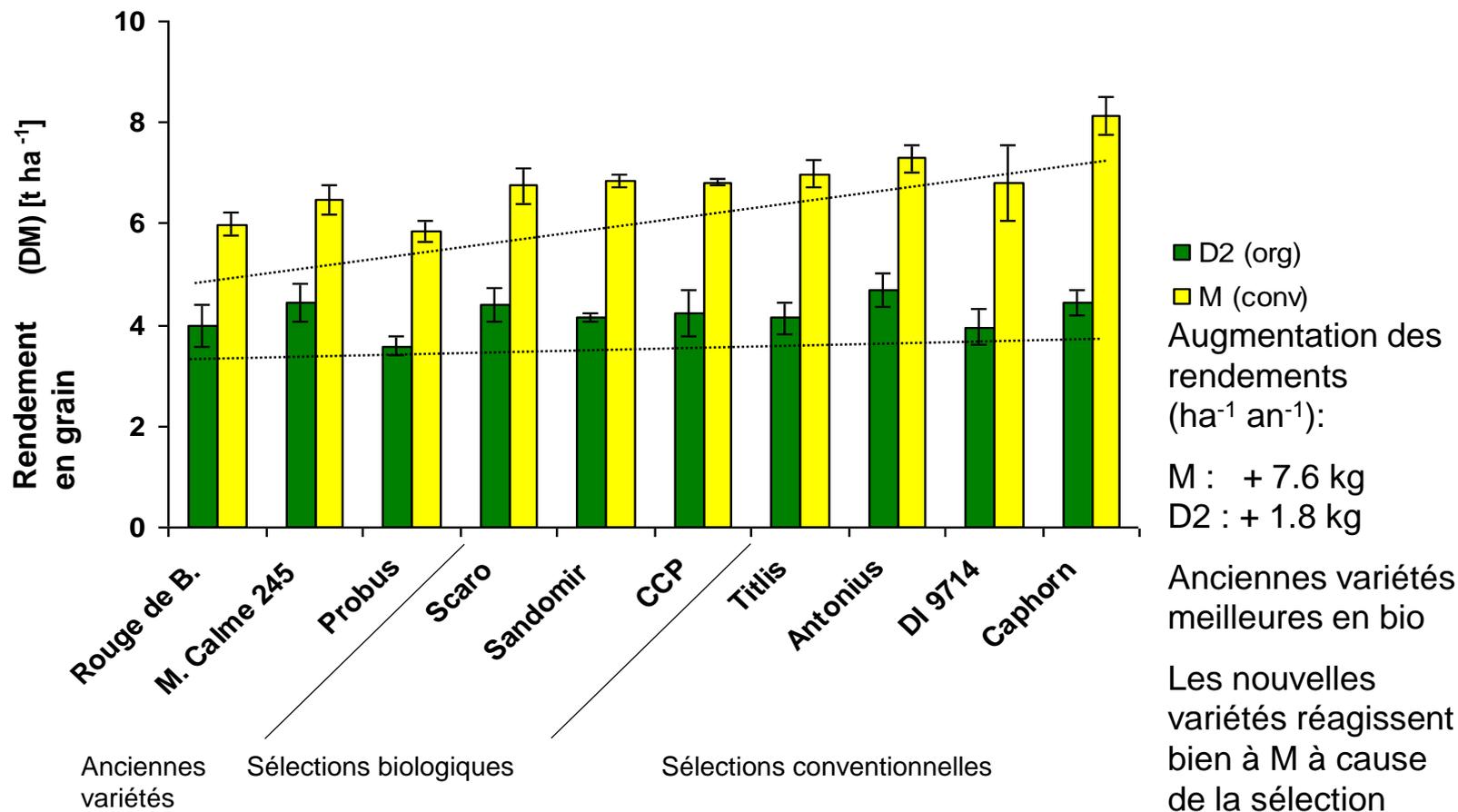


Rendements  
relativement  
stables

Peu de  
différences  
entre tous les  
procédés

# L'essai DOC : Les rendements

## Rendement de différentes variétés de blé



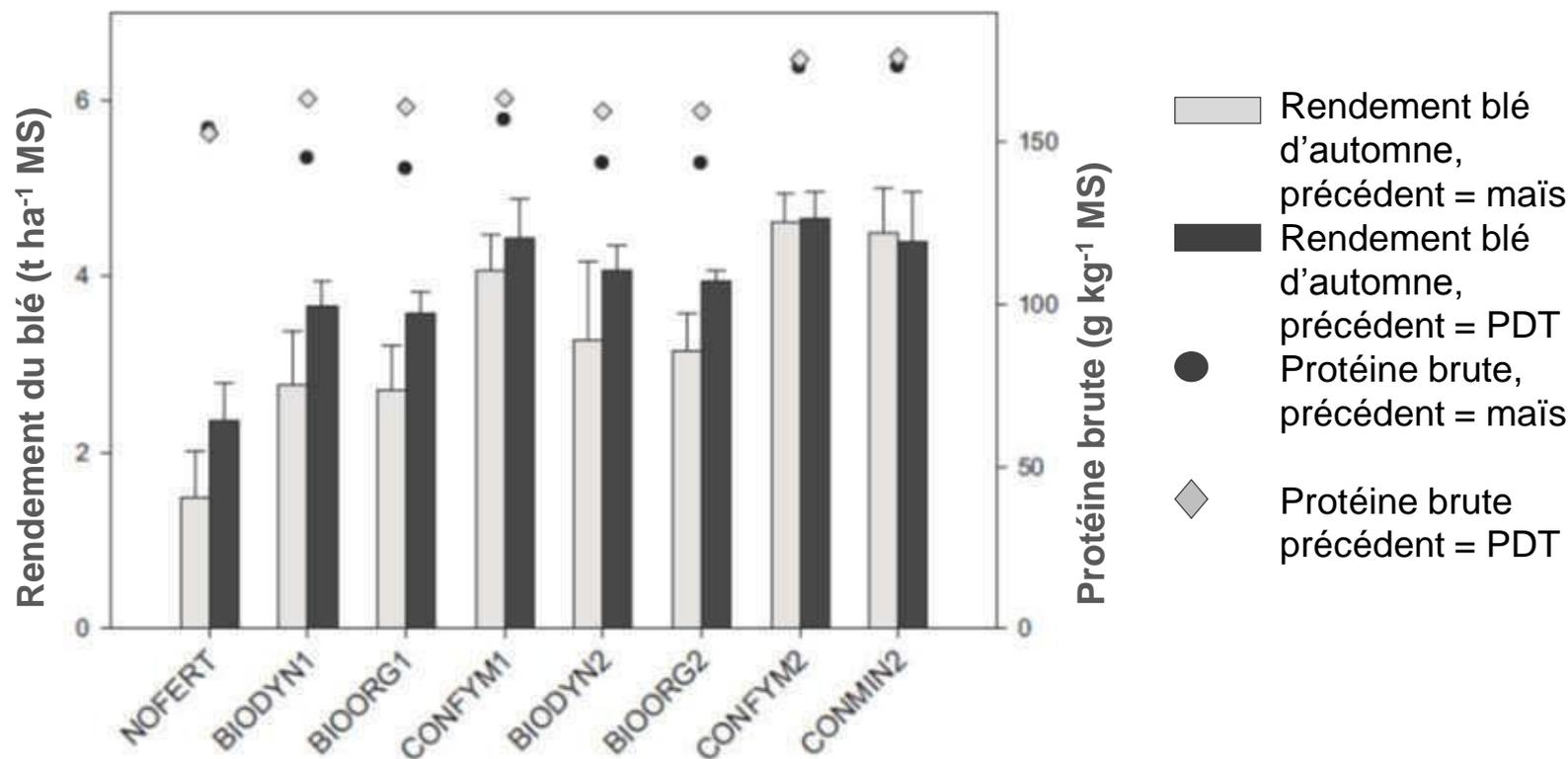
Source : Hildermann et al., 2009

# L'essai DOC : Les rendements

## Influence des différents précédents culturaux

Rendement blé d'automne et teneur en protéine brute après maïs et pommes de terre

Valeurs moyennes et écarts-types (n=4) de 2003 et 2010

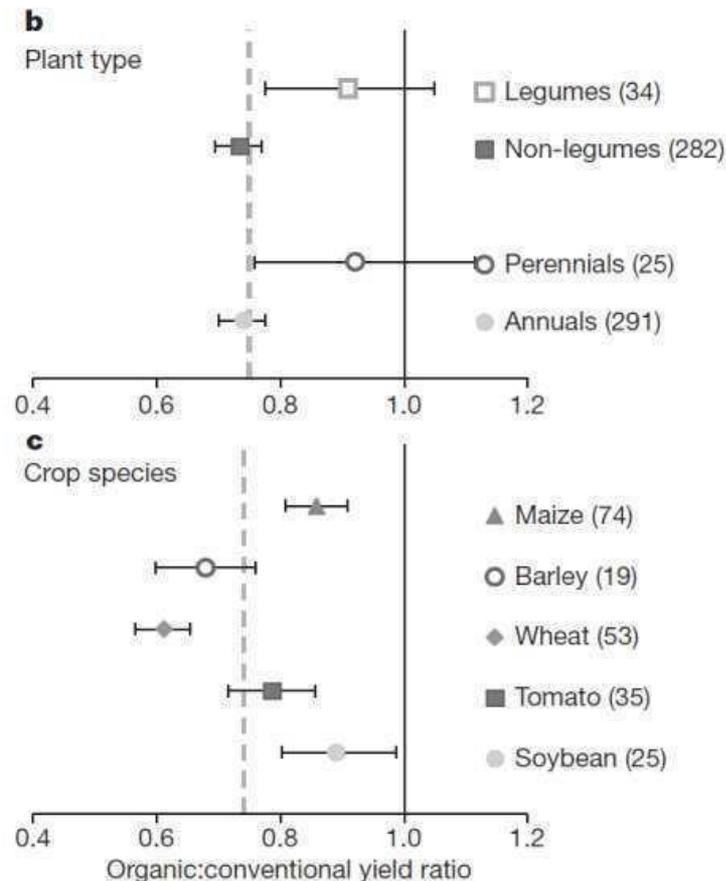


Source : Mayer et al. EJA, 2015

# L'essai DOC : Les rendements

## Différences de rendement Bio – Conventionnel

### Différences de rendement entre bio et conventionnel dans le monde



Source : Seufert et al., 2012, Nature 485

# L'essai DOC : Les rendements

## Résumé

Le niveau de rendement est en moyenne inférieur de 20 % dans les procédés biologiques. Causes :

- › Environ 50 % d'engrais et d'énergie fossile de moins
- › Pas de produits phytosanitaires de synthèse

Les rendements plus élevés en bio que les attentes sont dus à :

- › Symbioses racinaires avec des rhizobies
- › Symbioses racinaires avec des champignons mycorhiziens

La rotation culturale a une influence décisive sur le niveau des rendements

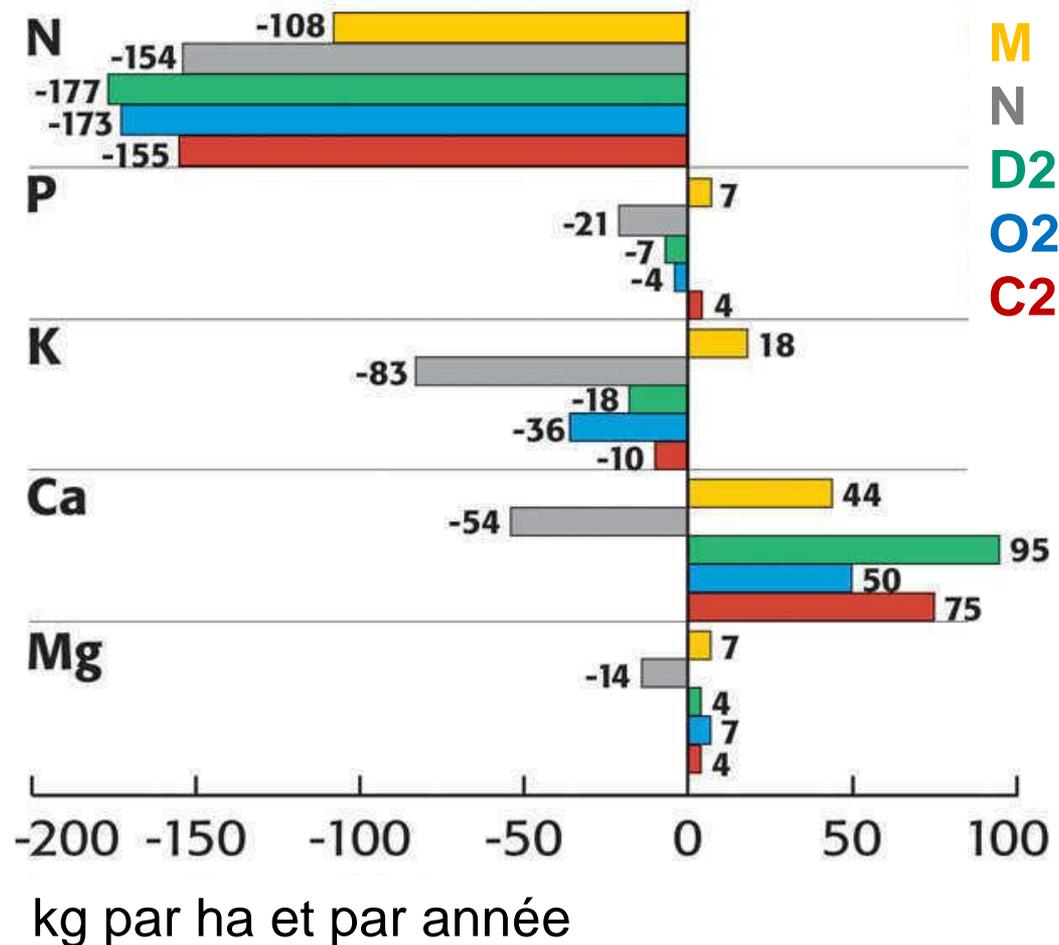
- › Maïs après prairie : Bio 9 % inférieur au conventionnel
- › Maïs après soja : Bio 13 % inférieur au conventionnel

Les rendements du soja sont semblables dans tous les procédés. Les rendements des pommes de terre sont très bas par rapport au conventionnel. Causes :

- › Gros besoin en éléments nutritifs sur une courte durée de culture (N, K)
- › Forte sensibilité des pommes de terre aux maladies (mildiou, alternaria)

# L'essai DOC : L'équilibre des éléments nutritifs

Apports et exportations d'éléments nutritifs en équilibre?

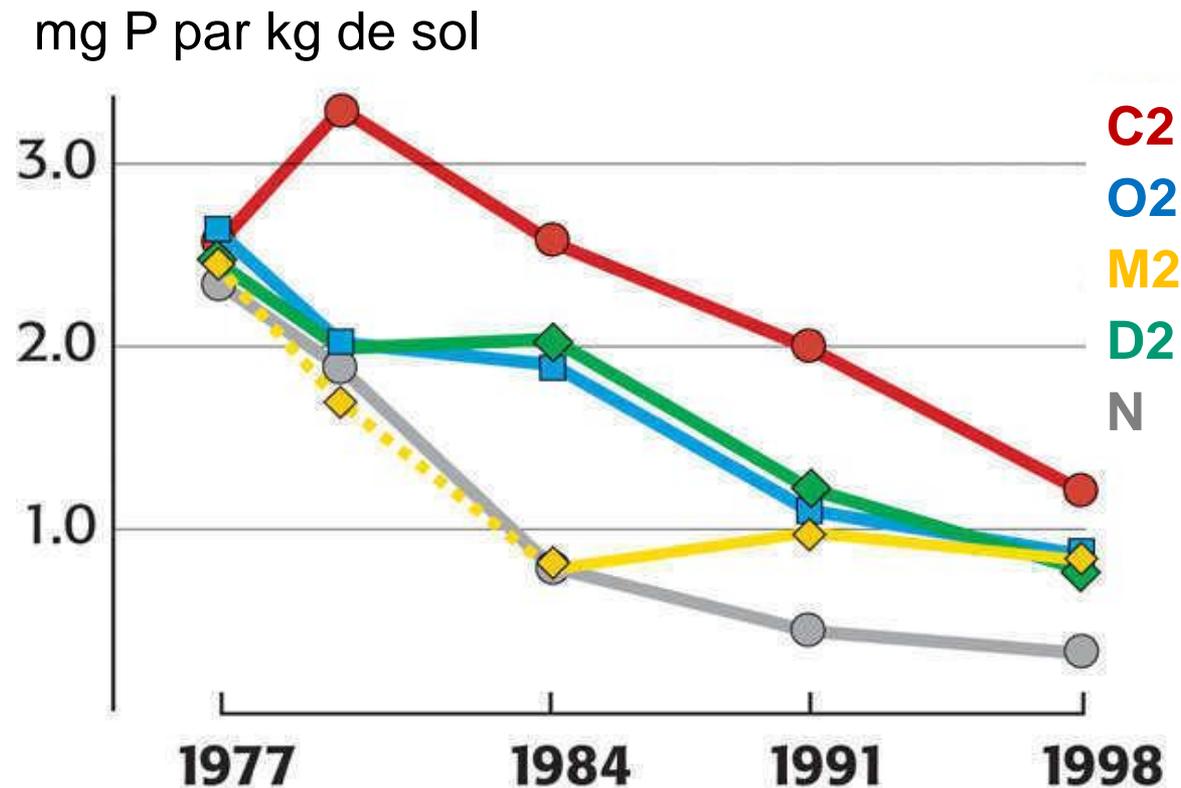


Explication pour l'azote : La minéralisation, la fixation par les légumineuses et les apports atmosphériques ne sont pas pris en compte.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : Les éléments nutritifs

## Phosphore

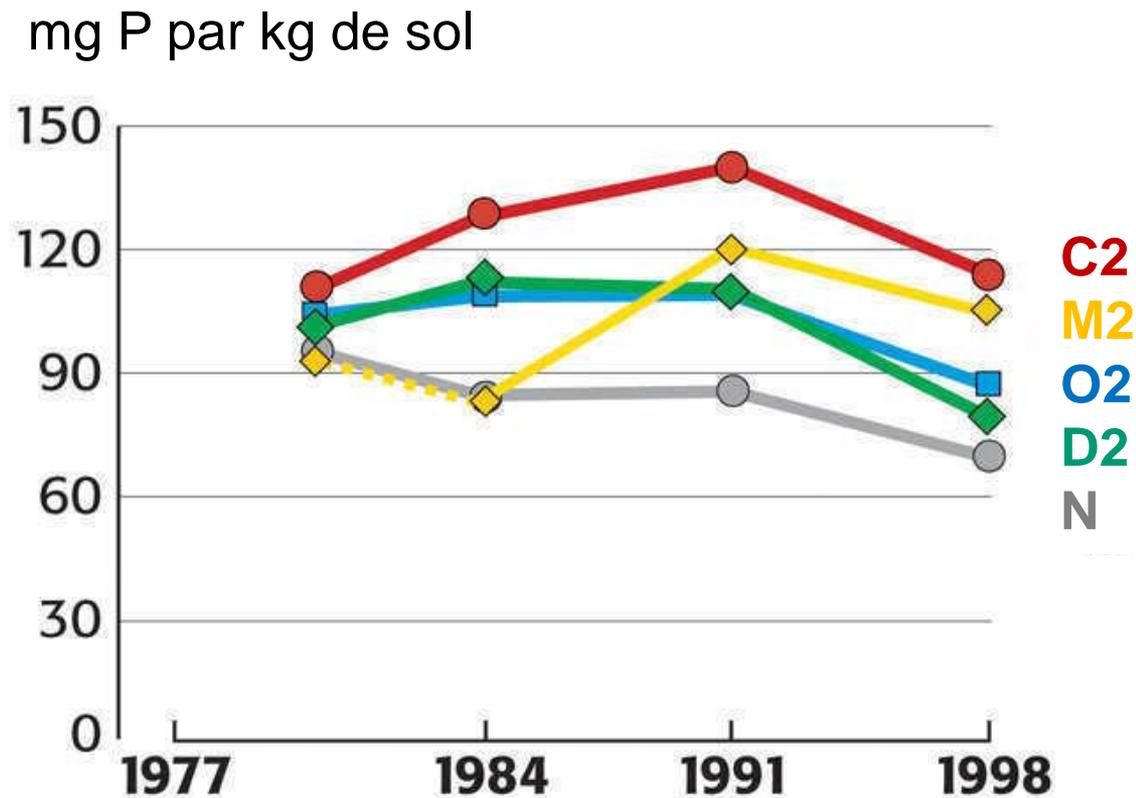


C2 : Le pic s'explique par l'important apport de phosphore au début de l'essai.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : Les éléments nutritifs

## Phosphore



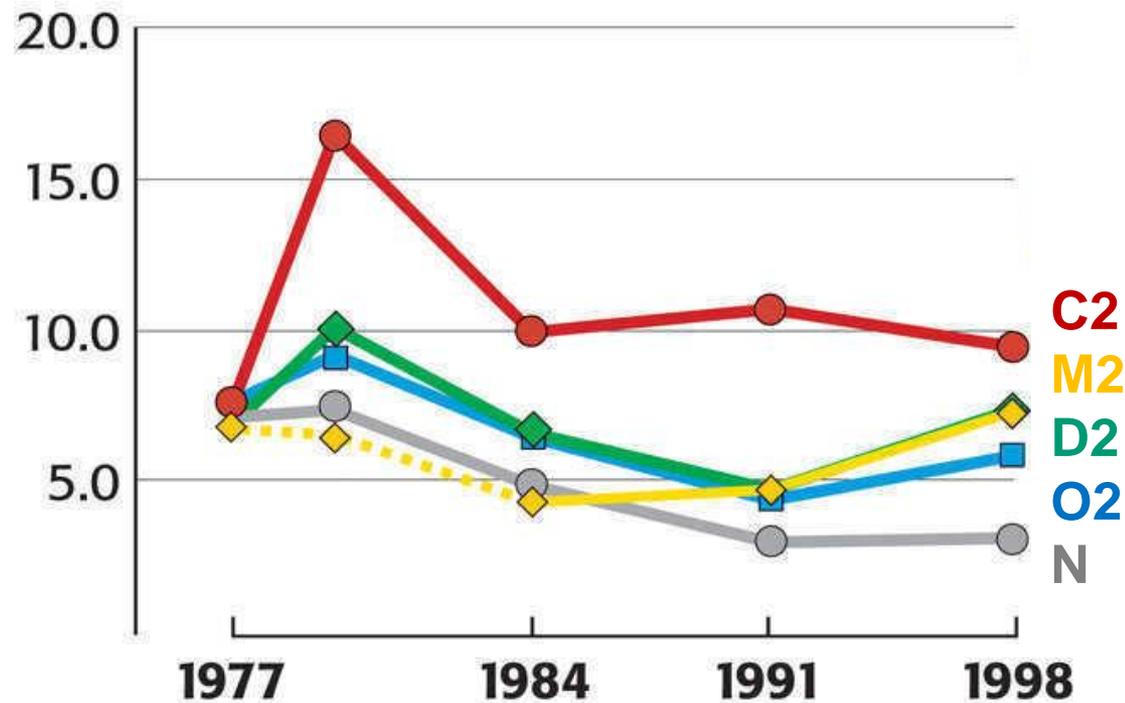
Moins de fluctuations pour la fraction soluble à l'acide citrique puisqu'elle reflète les réserves de phosphore.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : Les éléments nutritifs

## Potassium

mg K par kg de sol



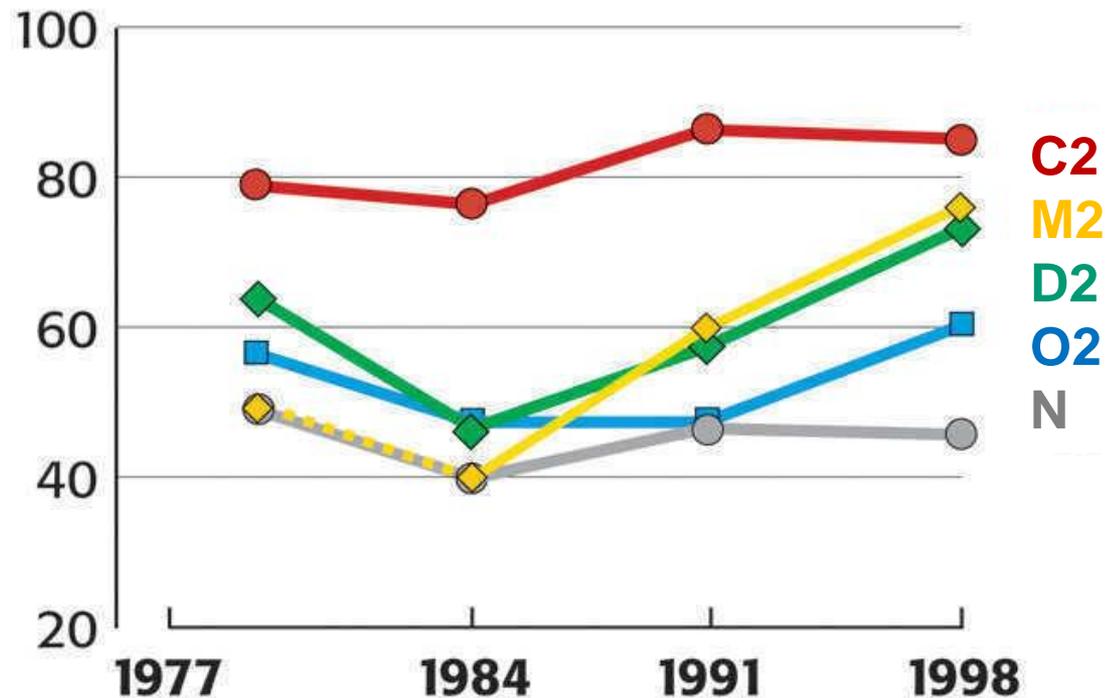
C2 : Le pic s'explique par l'important apport de potassium au début de l'essai.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : Les éléments nutritifs

## Potassium

mg K par kg de sol

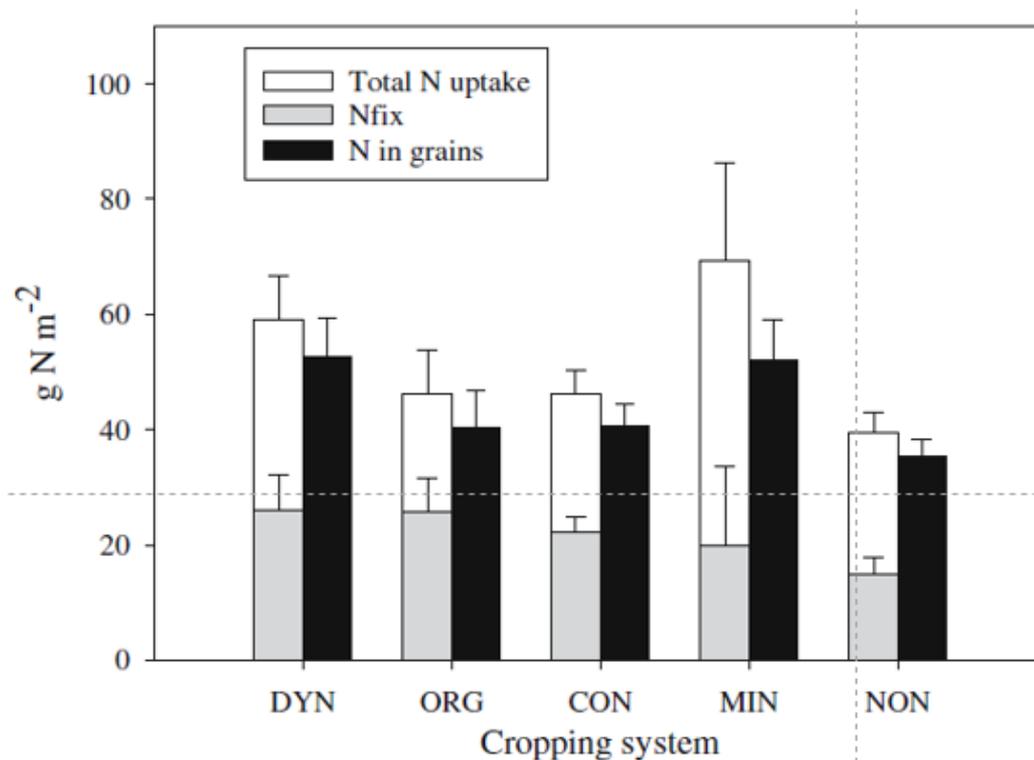


Potassium soluble au lactate double = fraction du potassium que le sol peut fournir.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : Les éléments nutritifs

## Fixation de N<sub>2</sub> par le soja dans l'essai DOC



Quantités d'azote fixé par symbiose (*Nfix*) dans les racines et les pousses, l'absorption totale d'azote (*total N uptake*) et l'azote contenu dans les grains complètement développés (*N in grains*) dans différents systèmes agricoles.

Les barres d'erreurs représentent l'écart-type de la moyenne.

Source : Oberson et al., 2007

# L'essai DOC : Les éléments nutritifs

## Azote : Fixation et transfert par le trèfle

**Fixation ( $N_{SYM}$ ) et transfert ( $N_{Trans}$ ) de l'azote du trèfle aux graminées dans une prairie graminées-légumineuses de l'essai DOC**

Procédés (Fumure N)	Productivité (trèfle+graminées), t/ha/an	Trèfle %	$N_{SYM}$ kg/ha/an	$N_{SYM}+N_{Trans}$ kg/ha/an
D1 (50 N/ha/an)	10.2	49	147	194
D2 (100 N/ha/an)	10.6	46	128	183
O1 (50 kg/ha/an)	9.8	51	142	191
O2 (100 kg/ha/an)	11.6	53	161	218
C1 (80 kg N/ha/an)	12.5	39	140	214
C2 (160 kg/ha/an)	13.2	28	104	197
N (0kg/ha/J)	6.5	51	100	135

Source : Oberson et al., 2013, Plant & Soil, modifié d'après Andreas Lüscher, ART

# L'essai DOC : Les éléments nutritifs

## Résumé

### Évolution des éléments nutritifs disponibles et en réserve

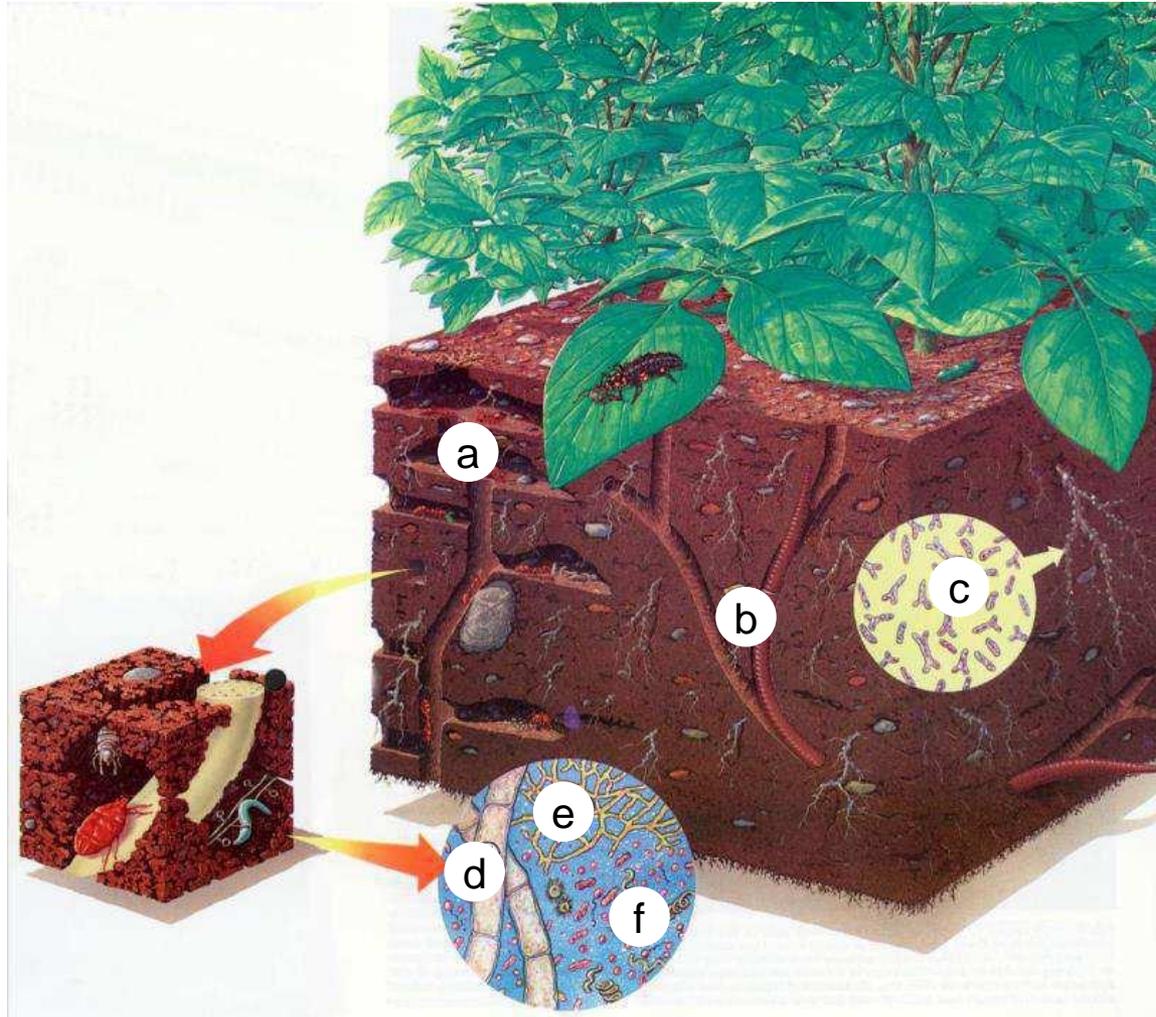
- › Nette influence des procédés
- › La plus grande différence se situe entre les niveaux 1 et 2 de fumure pour tous les procédés (le niveau de fumure 1 avec 0,7 UGBF est critique)

### Procédés biologiques

- › Approvisionnement en P : encore suffisant avec la fumure usuelle (niveau 2)
- › Approvisionnement en K : déjà critique avec la fumure usuelle (niveau 2)
- › Cause : Bilans de fumure négatifs

# L'essai DOC : La structure du sol

## Le sol – un système complexe



- a. Fourmis
- b. Vers de terre
- c. Rhizobies
- d. Champignons
- e. Actinomycètes
- f. Bactéries

Illustration : Reganold et al., 1990

# L'essai DOC : La structure du sol

La stabilité de la structure du sol grâce aux engrais de ferme

L'utilisation d'engrais de ferme exerce une influence positive sur les microorganismes qui vivent dans le sol, autrement dit sur la biodiversité du sol.

Les sols vivants sont plus stables.

Conventionnel  
(seulement fumure minérale)



Biodynamique  
(avec apports de composts)



Photos : FiBL

# L'essai DOC : La structure du sol

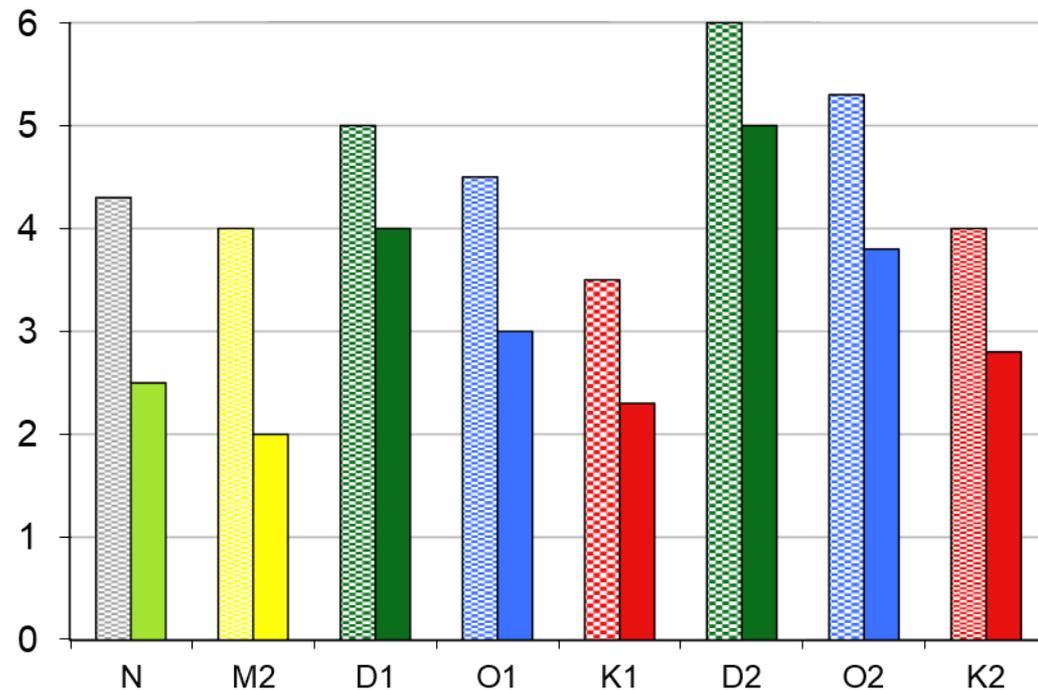
## La stabilité de la structure du sol

### La stabilité de la structure du sol

Quelle: FiBL

Forte stabilité

Faible stabilité



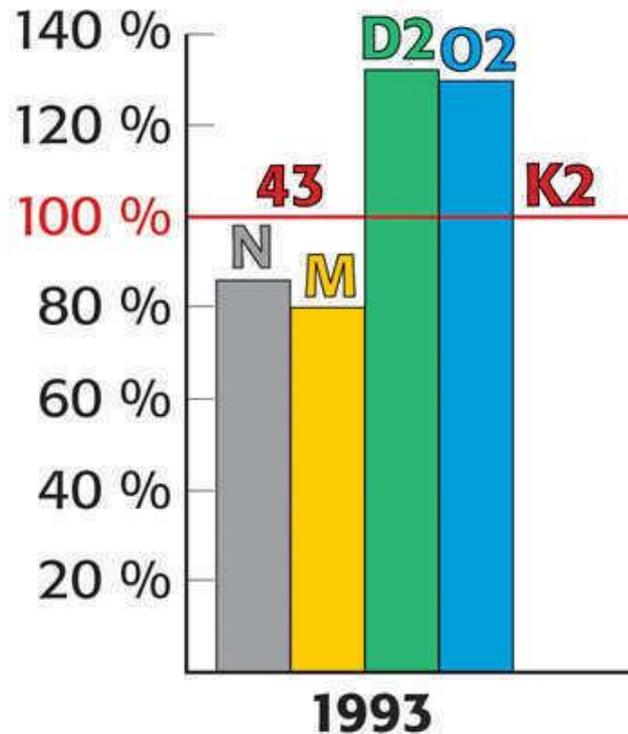
▣ Valeur après maïs    ■ Valeur après pommes de terre

# L'essai DOC : La structure du sol

## La stabilité de la structure du sol

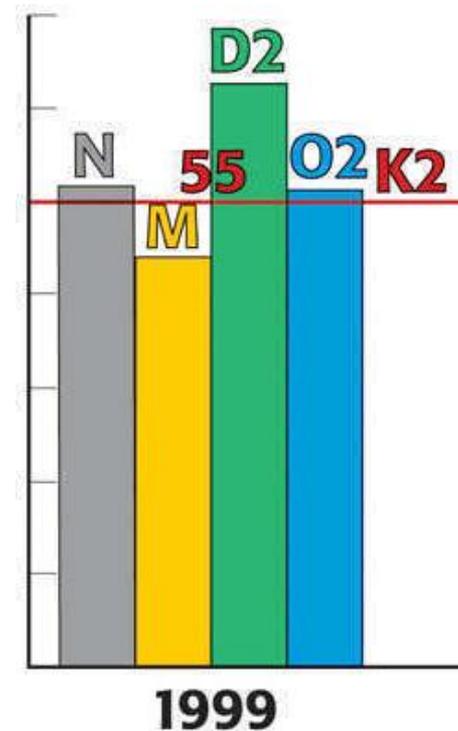
### Stabilité à la percolation

ml par min



### Stabilité des agrégats

% d'agrégats stables >250 µm



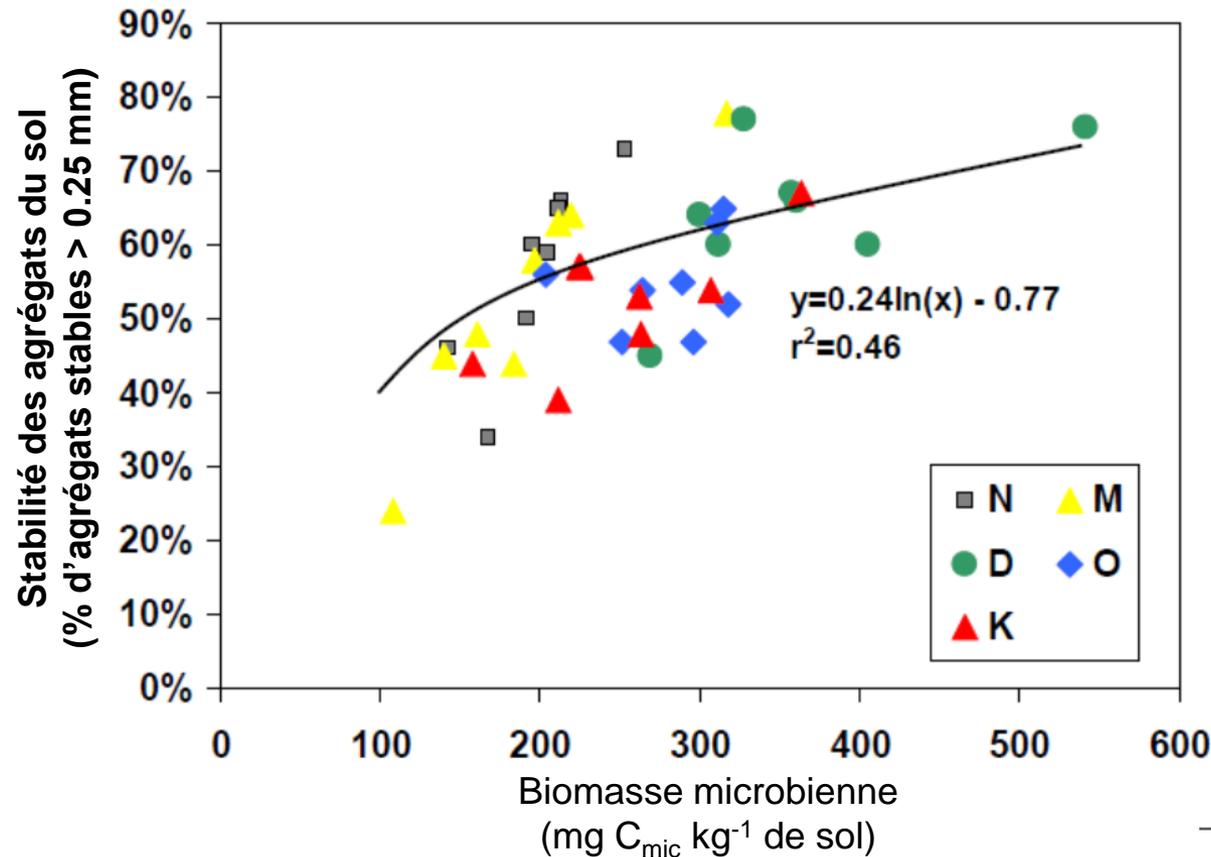
Stabilité à la percolation = «Pas de tendance à l'érosion»

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La structure du sol

## La stabilité de la structure du sol

### Les microorganismes stabilisent le sol



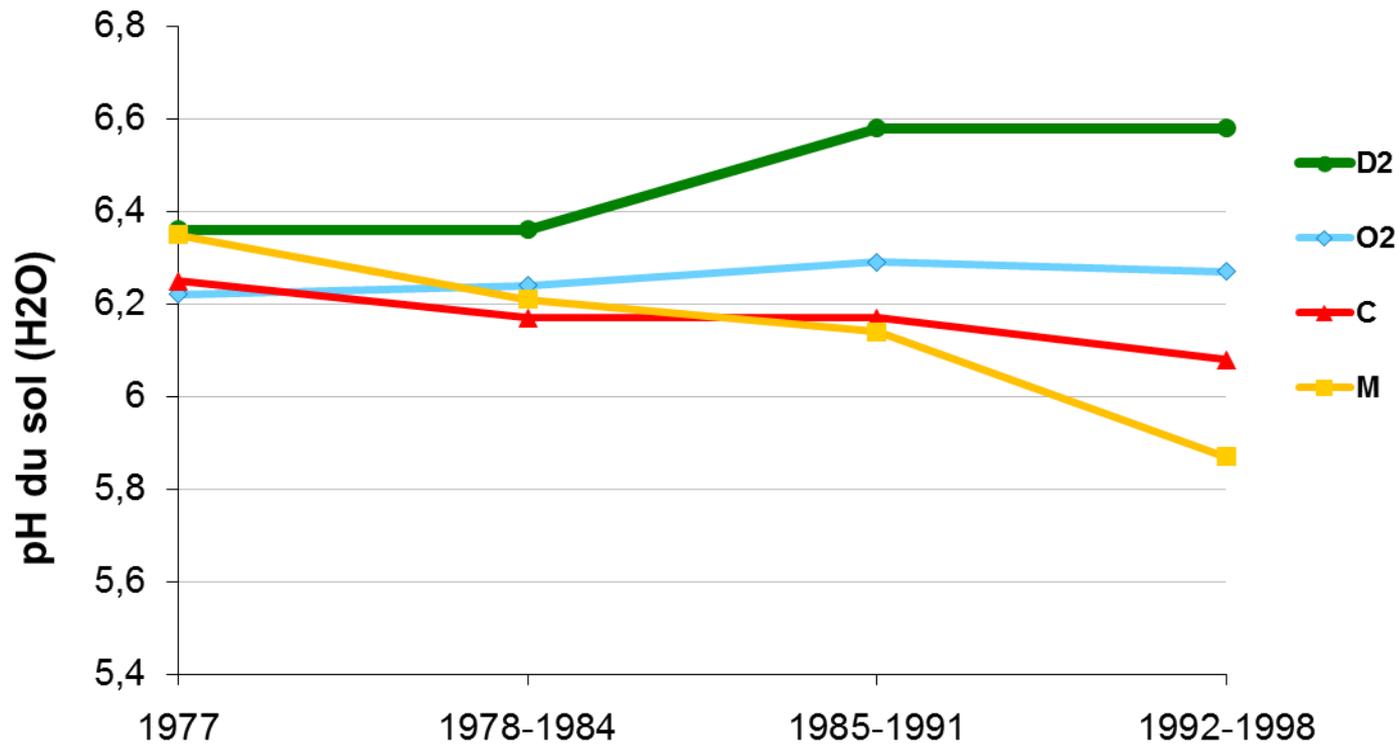
Source: Fließbach et al.

# L'essai DOC : La structure du sol

## Le pH du sol

### Modifications du pH du sol

Source : FiBL

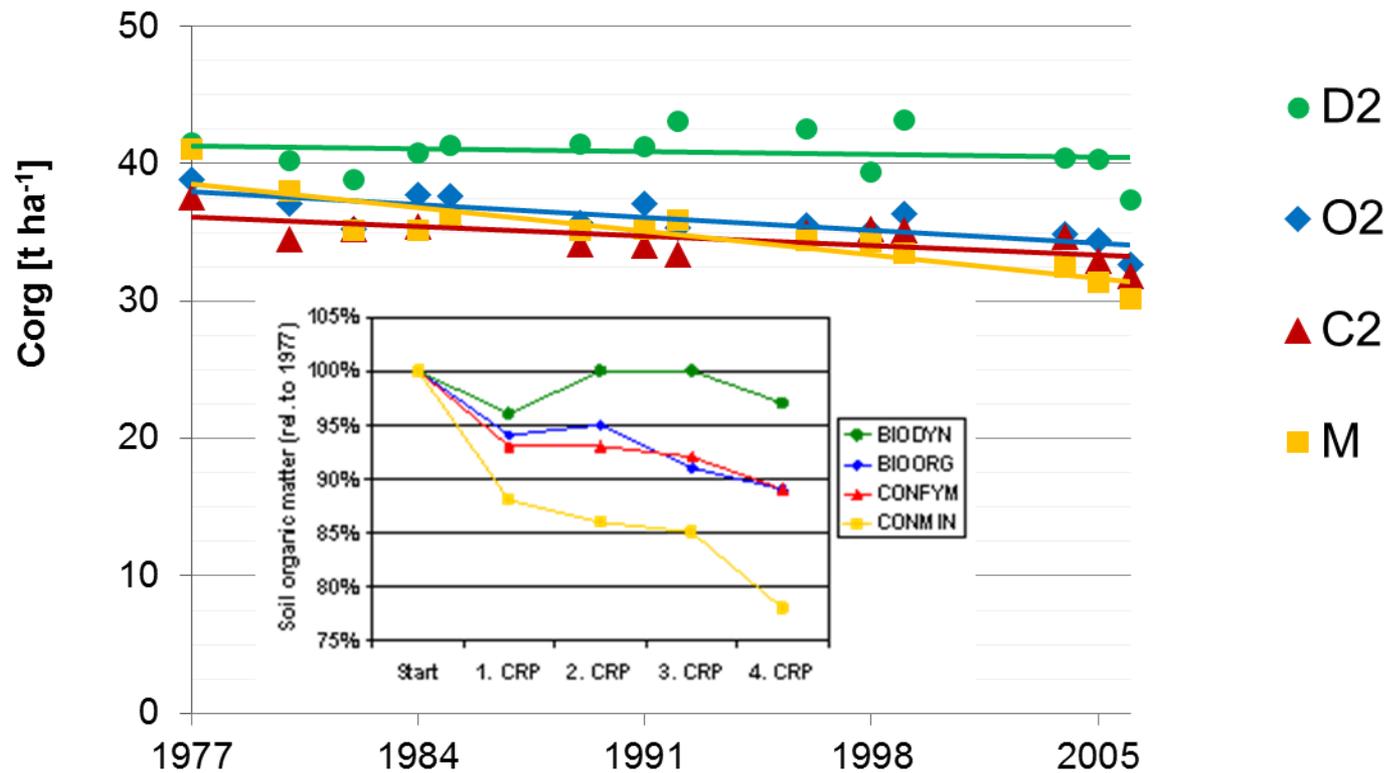


# L'essai DOC : La structure du sol

## Teneur en carbone du sol

### Modifications de la teneur en carbone du sol

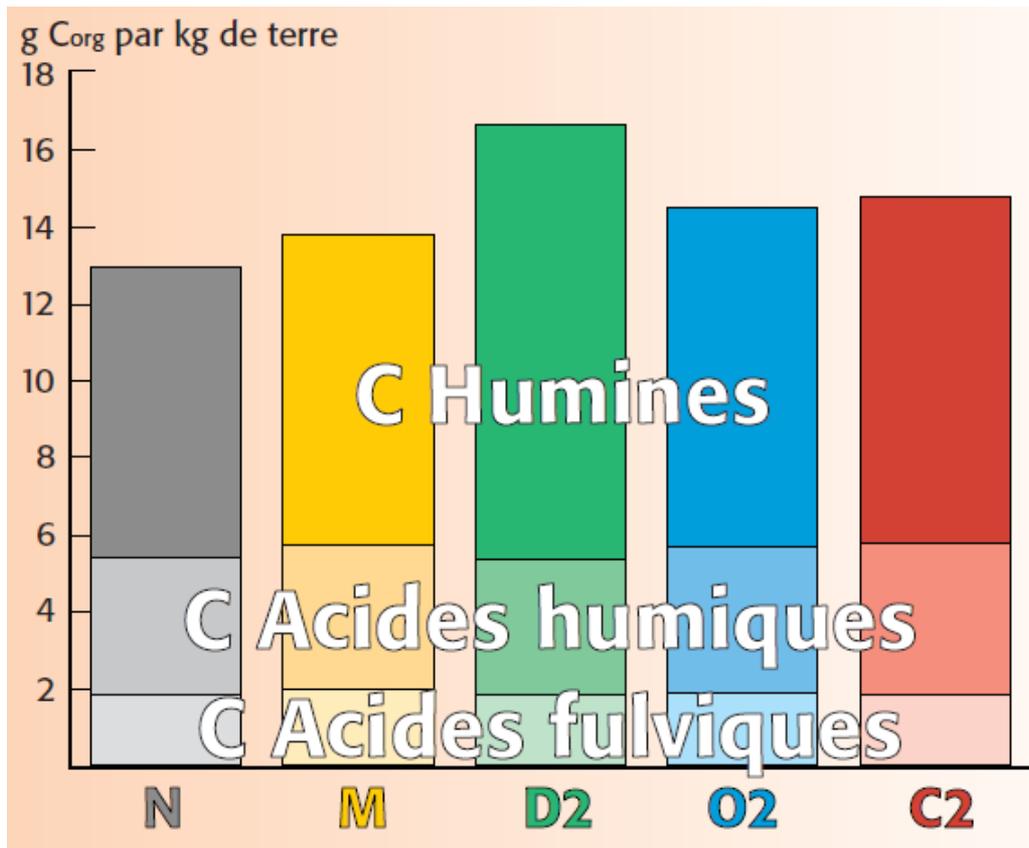
Source : Fließbach et al., 2007, AGEE et Leifeld et al., 2009, AJ



# L'essai DOC : La structure du sol

## Répartition du carbone

### Répartition du carbone entre les fractions des humines



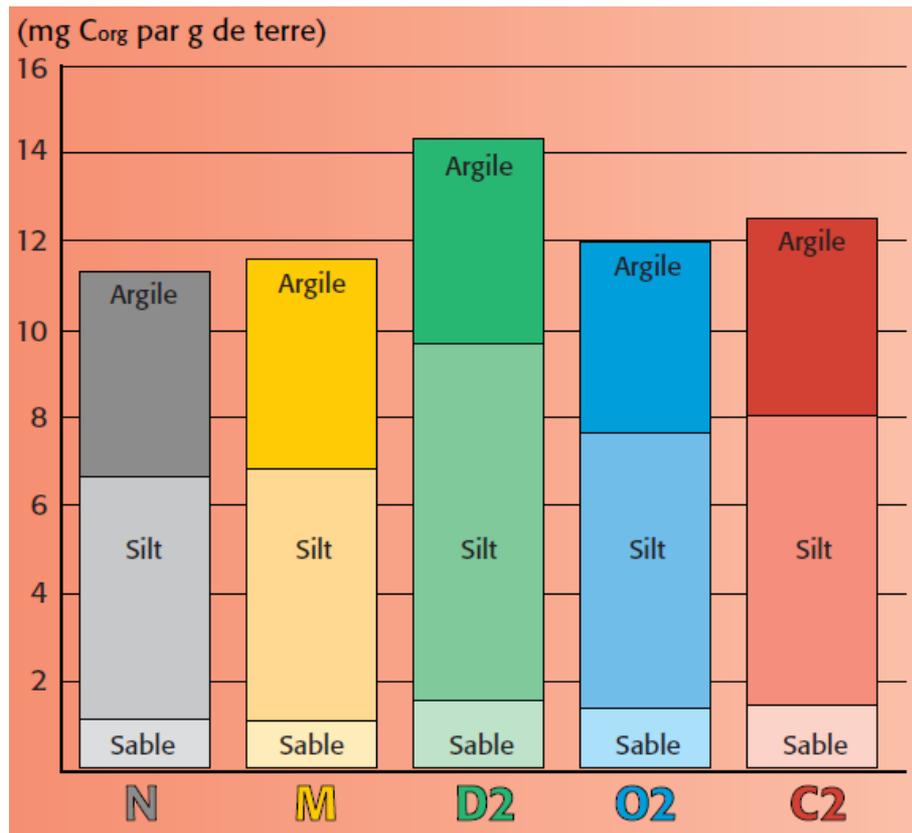
La plus haute teneur en matière organique de D2 repose sur la plus haute proportion de liaisons organiques stables qui sont représentées par la fraction des humines

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La structure du sol

## Répartition du carbone

### Répartition du carbone entre les fractions granulométriques



L'augmentation de la teneur en C du limon provoque dans les sols biodynamiques une diminution de la tendance à la battance

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La structure du sol

## Résumé

### Évolution de la teneur en humus

- › Constante : D2
- › Diminution lente : O2, C2
- › Diminution rapide : M, N, D1, O1, C1
- › La diminution des apports d'engrais de ferme accélère la perte d'humus

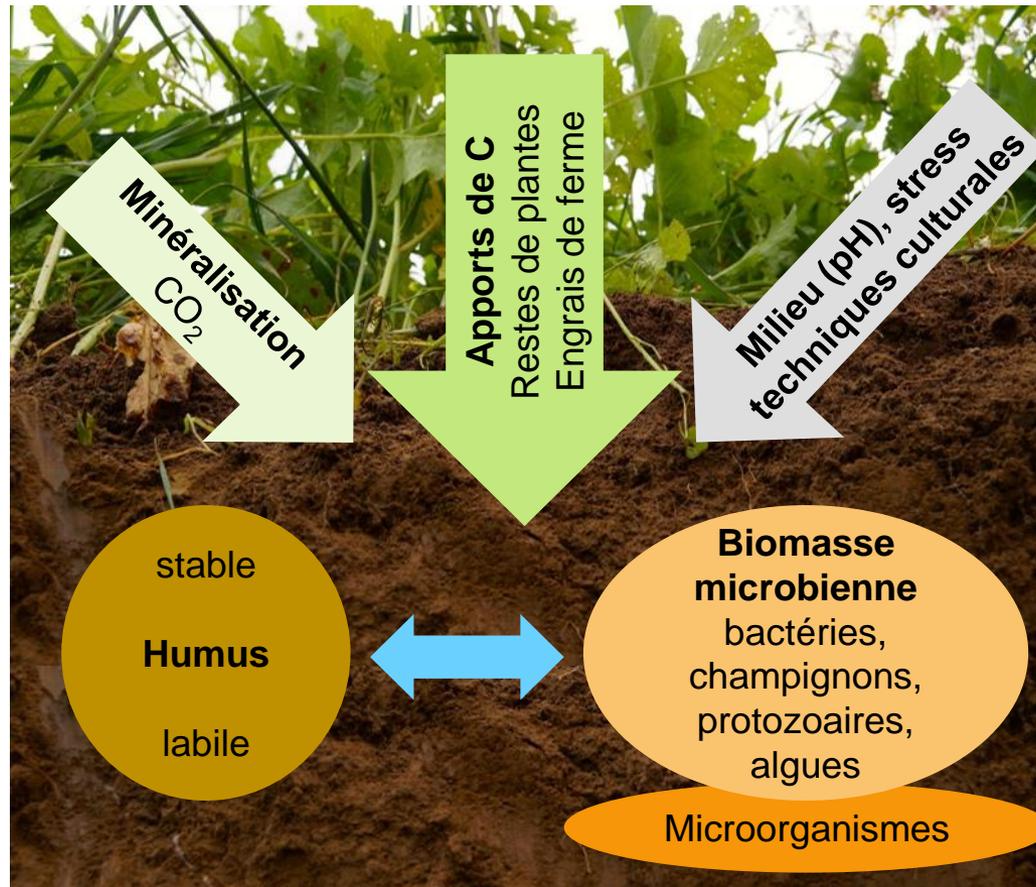
### La stabilité des grumeaux est influencée par

- › La teneur en humus
- › La teneur en calcium (pH ?)

L'augmentation de la teneur en C du limon provoque dans les sols biodynamiques une diminution de la tendance à la battance

# L'essai DOC : La biologie du sol

Ce sont les microorganismes qui forment l'humus



Décomposition de la matière organique par les microorganismes en

- › Humus (humification)
- › Éléments nutritifs (minéralisation)

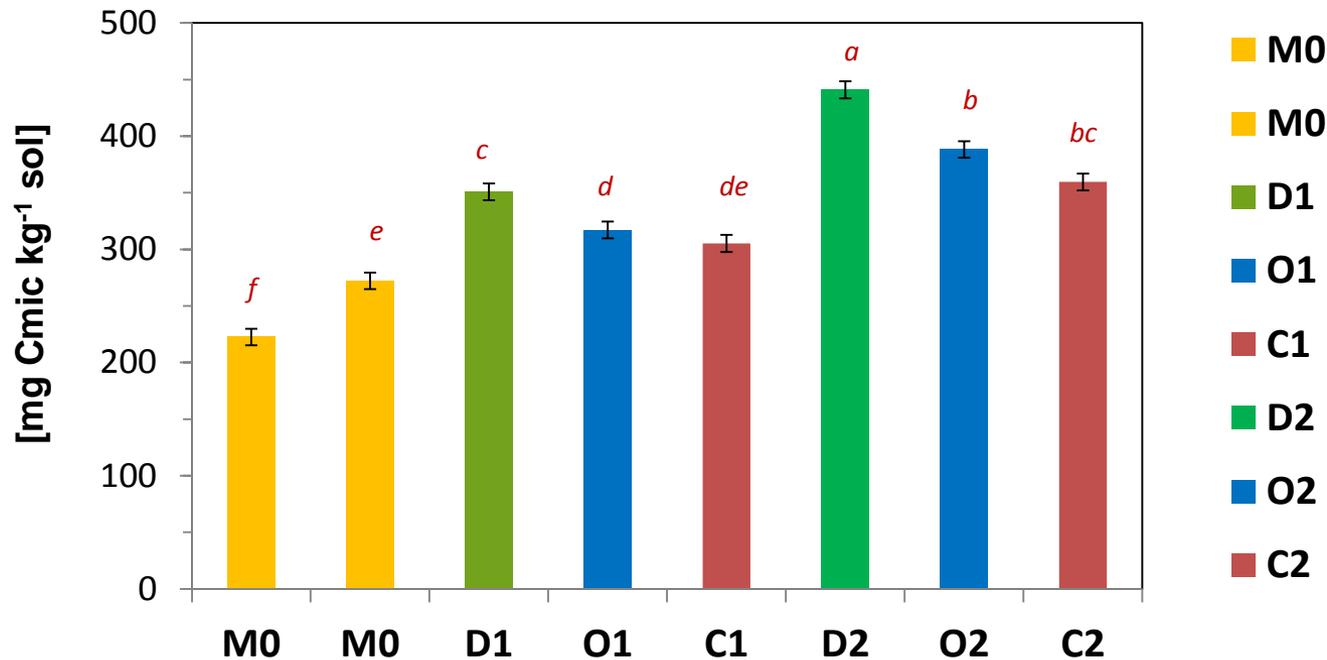
Illustration : FiBL

# L'essai DOC : La biologie du sol

## Biomasse microbienne

### DOC: Biomasse microbienne 1998, 2006 und 2012

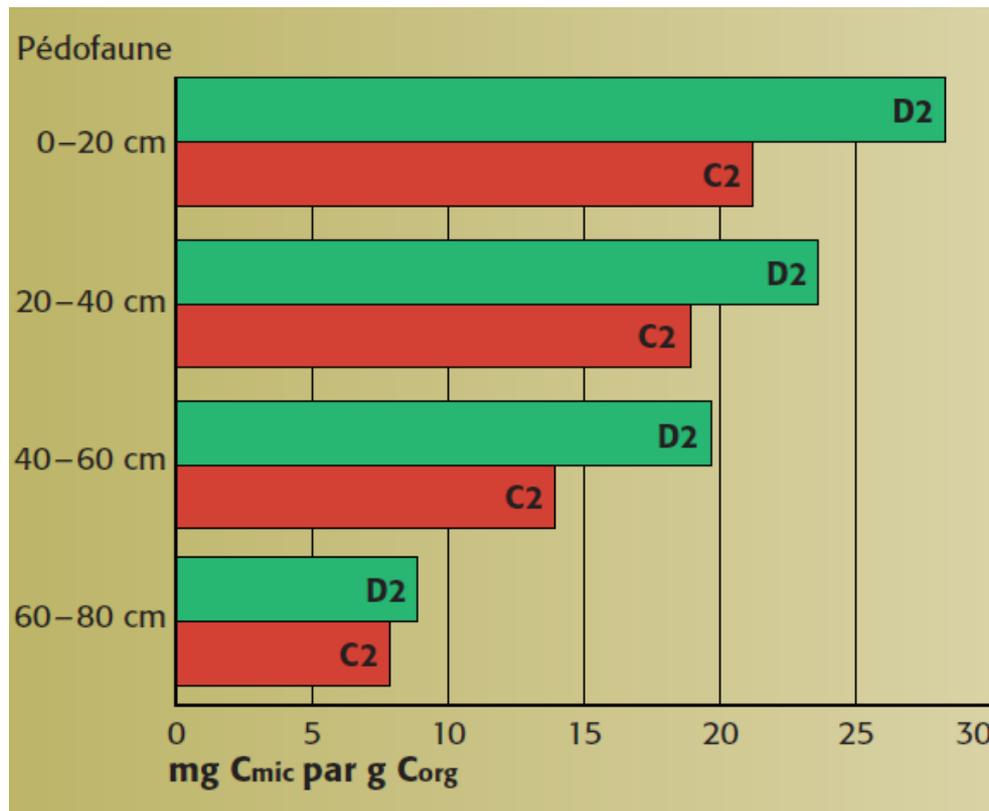
Source: FiBL



# L'essai DOC : La biologie du sol

## Les fractions du carbone

### Proportion de carbone microbien ( $c_{mic}$ ) par rapport au carbone organique totale



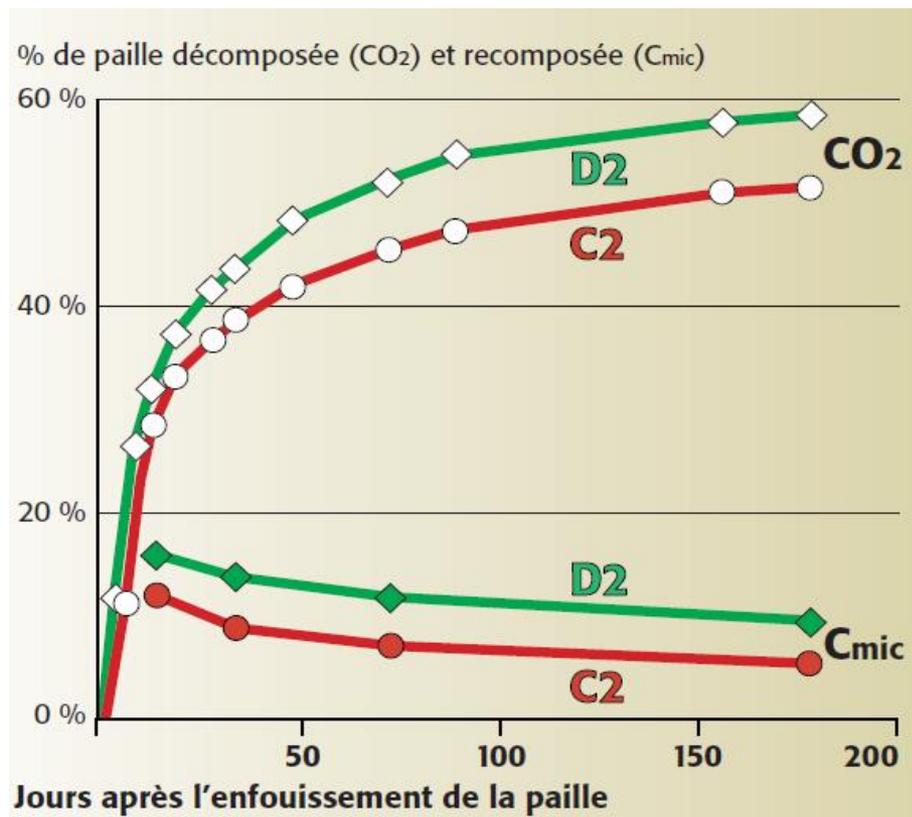
La proportion de microorganismes dans la matière organique montre le taux de colonisation du sol par le vivant.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La biologie du sol

## Les fractions du carbone

### Respiration et augmentation de la biomasse microbienne après un apport de paille



Les processus de minéralisation et d'humification sont plus intenses dans les procédés bio.

La quantité de carbone dans le sol augmente au fil des ans.

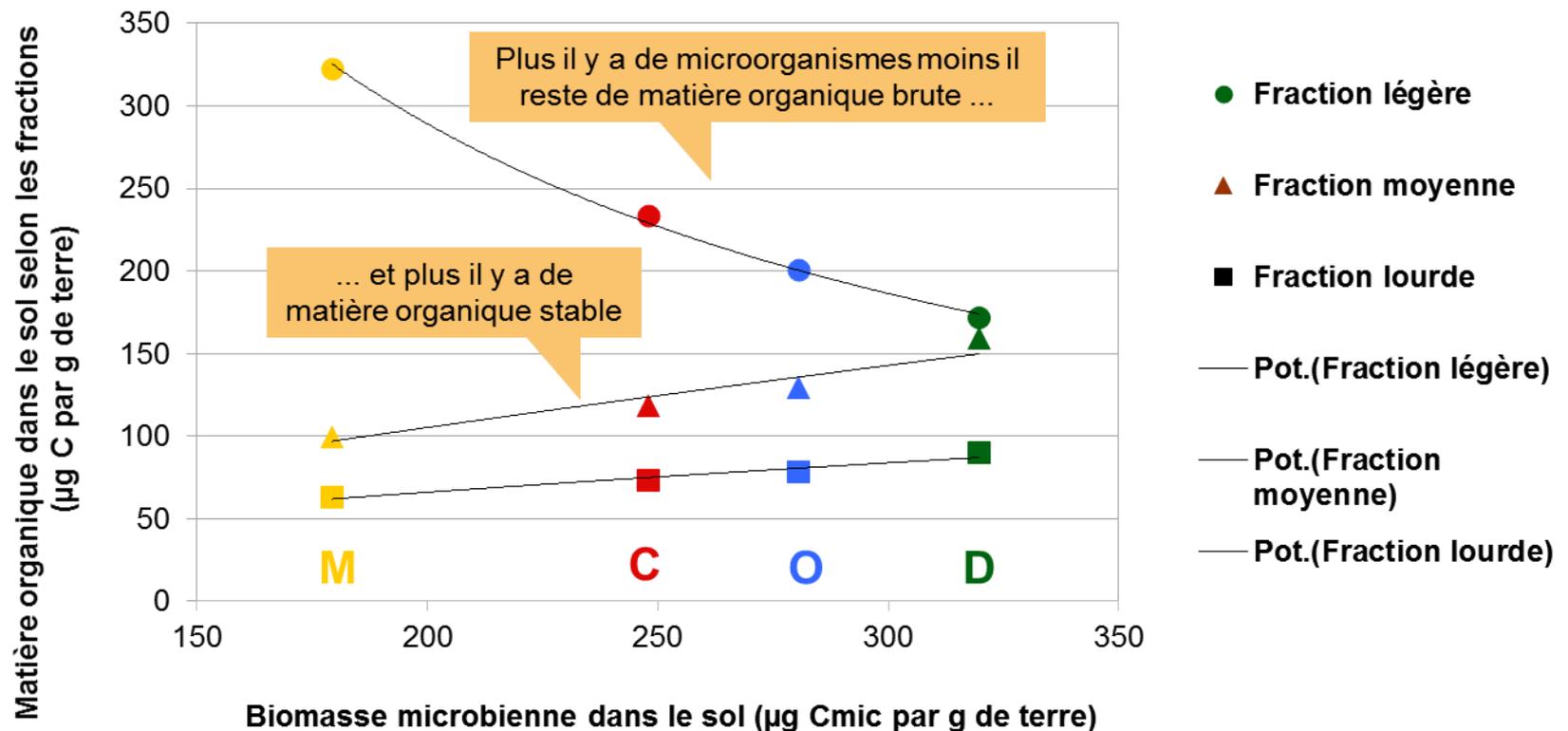
Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La biologie du sol

## Fractions de densités

### Fractions de densités

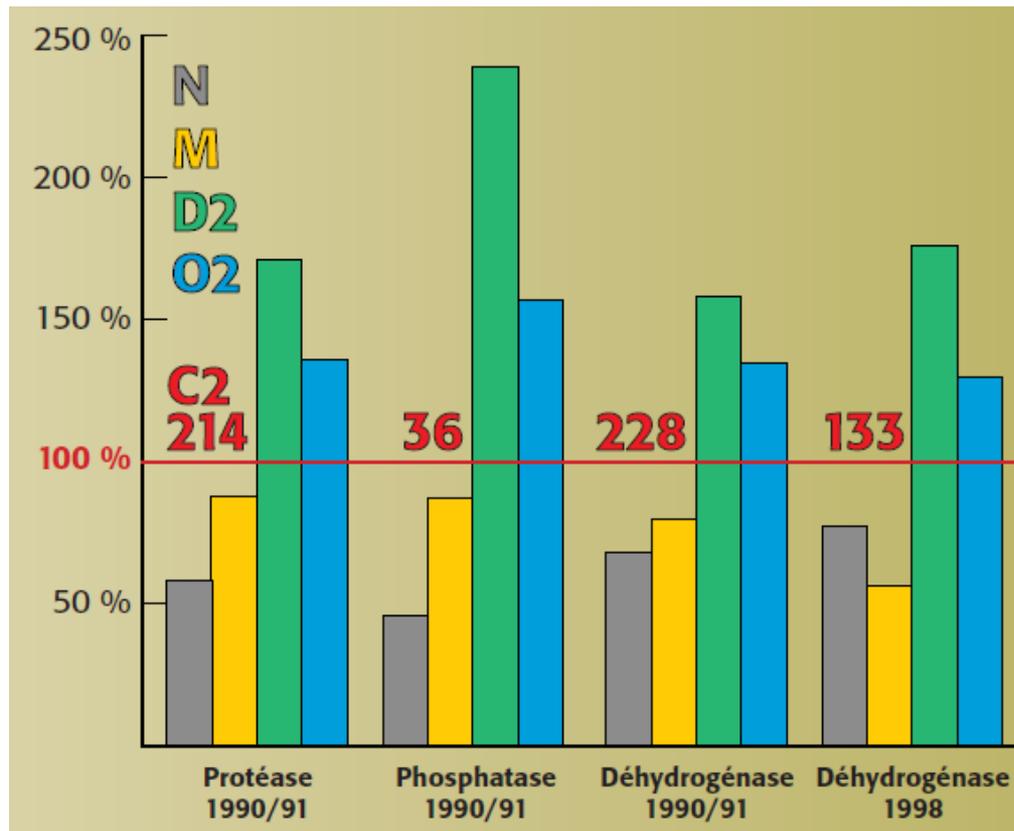
Source : Fließbach et Mäder, 2000, SBB



# L'essai DOC : La biologie du sol

## Les enzymes du sol

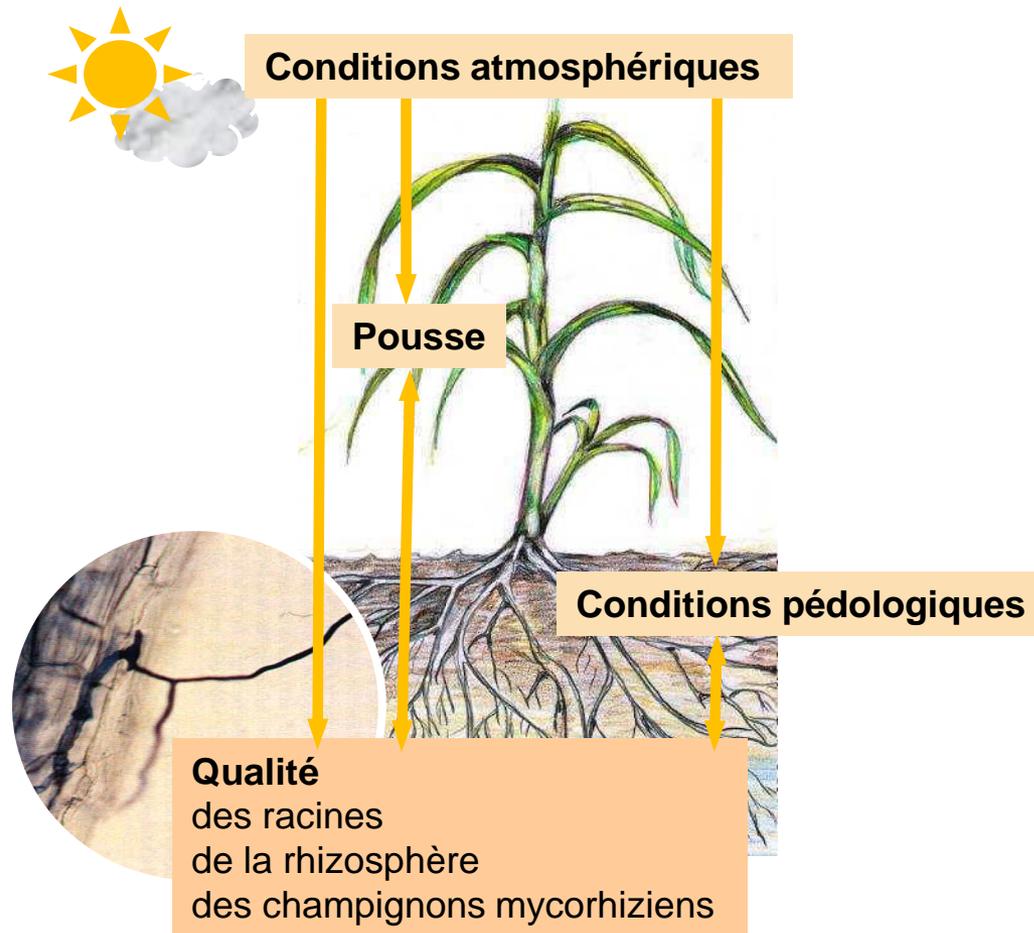
Les enzymes du sol sont un indicateur des fonctions microbiennes



Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La biologie du sol

La vie du sol influence les propriétés des plantes



Les conditions pédologiques déterminent la croissance des pousses.

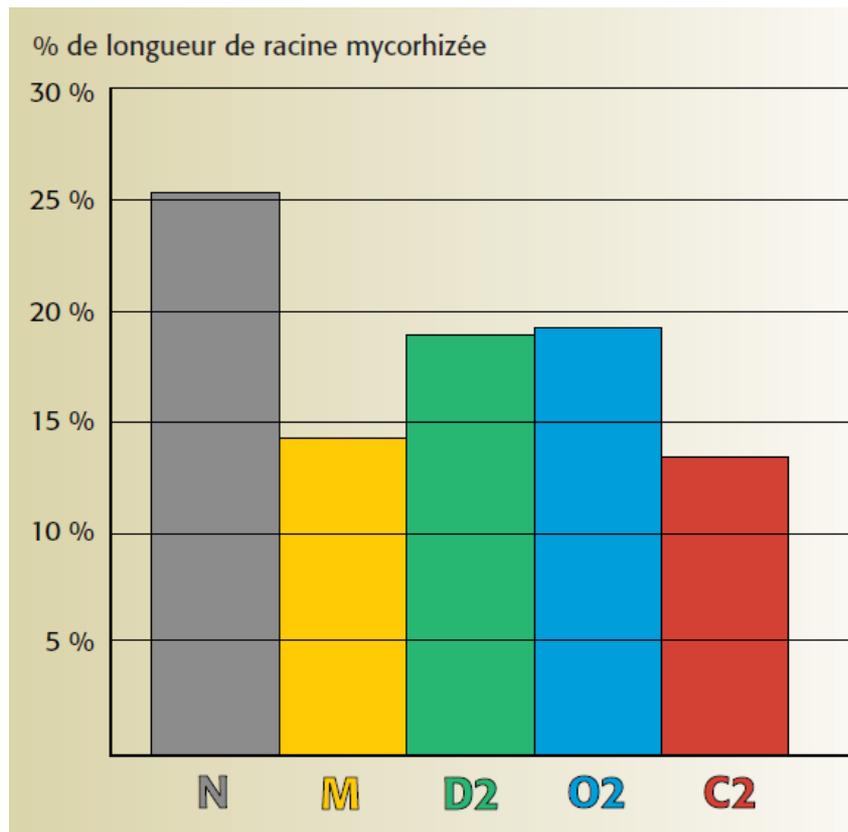
Plus la diversité souterraine (êtres vivants du sol, éléments nutritifs) est élevée plus la croissance en dessus du sol est vigoureuse.

Illustration : IGZ, Grossbeeren

# L'essai DOC : La biologie du sol

## Les champignons mycorhiziens

### Colonisation des racines avec des champignons mycorhiziens symbiotiques (1989-1993)



Le graphique montre la moyenne de toutes les cultures.

Les prairies ont été les plus fortement mycorhizées et sont suivies par le mélange vesce-seigle.

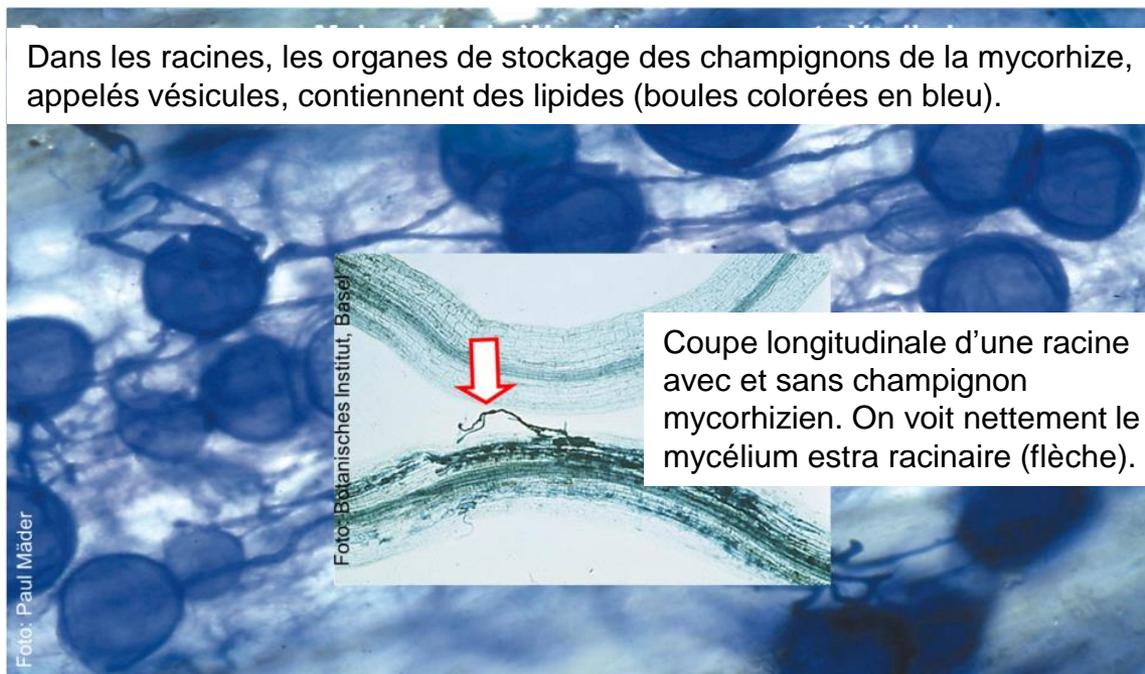
Le blé d'automne a été peu mycorhizé.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La biologie du sol

## Les champignons mycorhiziens

### Organes de réserve des mycorhizes dans les racines



Les champignons mycorhiziens aident les racines à absorber les éléments nutritifs qui se trouvent dans le sol en améliorant la symbiose

Quelle: FiBL-Dossier «Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt»

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La biologie du sol

La rotation culturale favorise les champignons mycorhiziens

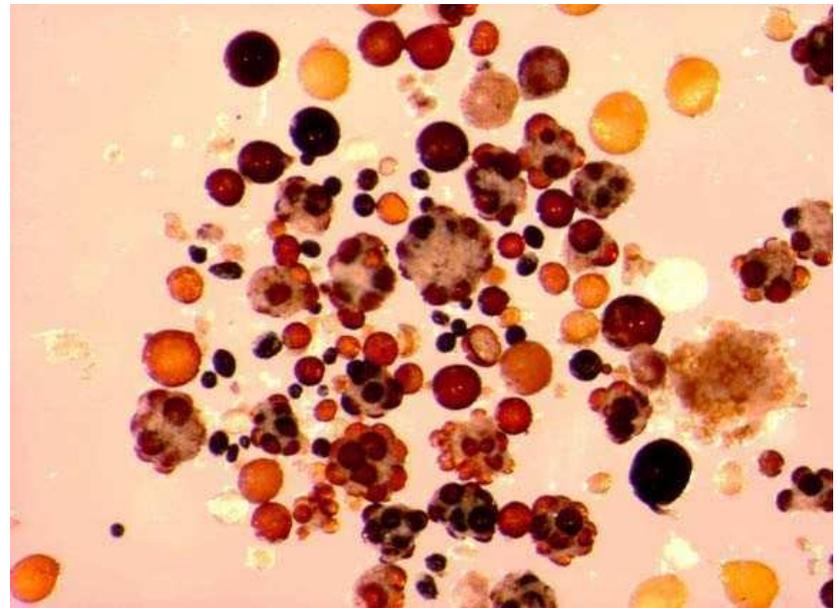
## Mycorhize (diversité des types de spores)

### Herbages

	Site 1	26
	Site 2	27
	Site 3	26

### Grandes cultures

Rotation culturale	DOC : BIOORG	26
	PI : CONFYM	18
Monocultures	Site 1	13
	Site 2	10
	Site 3	8

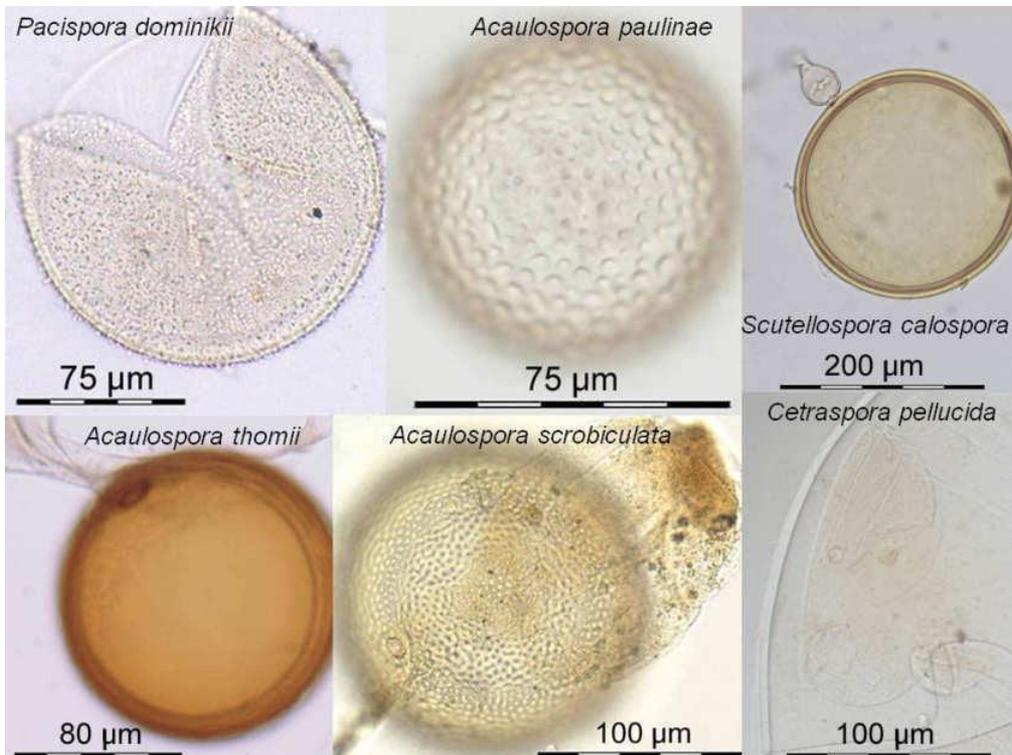


Source : Oehl et al., 2003, AEM, 2816. Données : Inst. bot. uni Bâle

# L'essai DOC : La biologie du sol

## Les champignons mycorhiziens

**Certains champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) réagissent fortement aux labours fréquents et aux fortes fumures**



Exemples de champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) qui ont réagi de manière particulièrement forte à l'utilisation conventionnelle des sols par rapport aux procédés organo-biologiques et biodynamiques de l'essai DOC

Source : Oehl et al, 2011; Recherche Agronomique Suisse, 304-311

# L'essai DOC : La biologie du sol

## Résumé

Nettes différences entre les procédés

Effets positifs des procédés biologiques sur la vie et la stabilité du sol

Les cultures biologiques colonisent mieux le sol grâce à davantage de symbioses avec des champignons mycorhiziens

Effets principaux obtenus par

- › L'intensité d'exploitation (intensité de fertilisation 1 ou 2)
- › La fertilisation organique
- › La régulation du pH

# L'essai DOC : La zoologie du sol

## Vers de terre



### Fonctions des vers de terre

- › Aération, amélioration de l'absorption et de l'écoulement de l'eau
- › Décomposition du matériel végétal mort
- › Amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes
- › Fixation du carbone dans le sol etc.

Photo : L. Pfiffner, FiBL

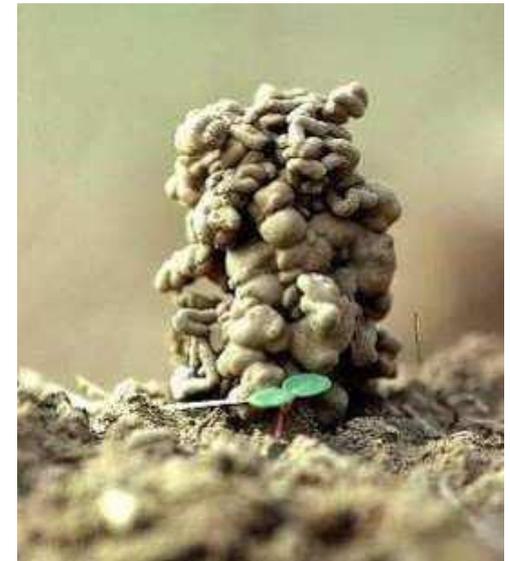
# L'essai DOC : La zoologie du sol

## Vers de terre

### Excréments des vers de terre : une substance précieuse

#### Excréments des vers de terre

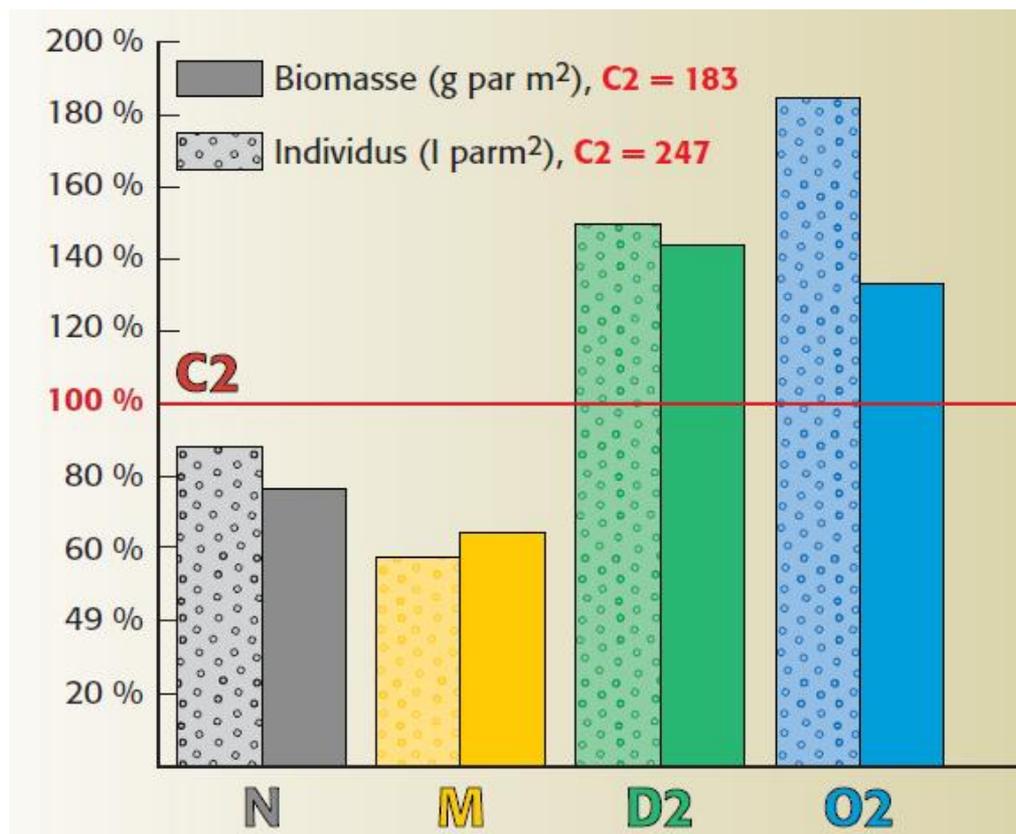
- › Production de 40-100 tonnes par hectare et année dans le sol et à sa surface
- › Riche en humus
- › À pH neutre
- › Enrichis en azote (5x), phosphore (7x) et potassium (11x) en comparaison au sol
- › Agrégats de sol stables par la formation de complexes argilo-humiques



# L'essai DOC : La zoologie du sol

## Vers de terre

### Biomasse et nombre de vers de terre



Valeurs moyennes de 1988, 1990 et 1991

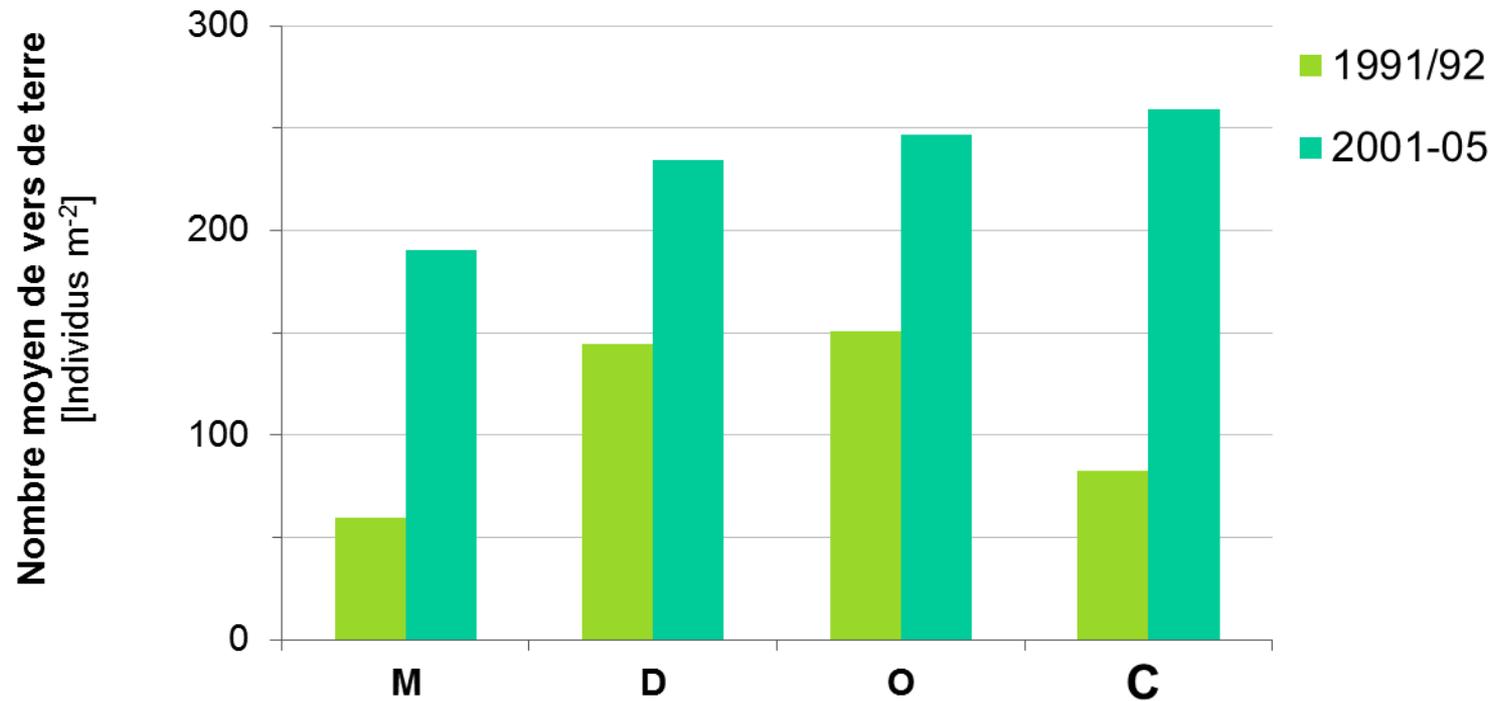
Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La zoologie du sol

## Vers de terre

### Nombre de vers de terre avant et après la reconversion des procédés conventionnels à la PI (PER)

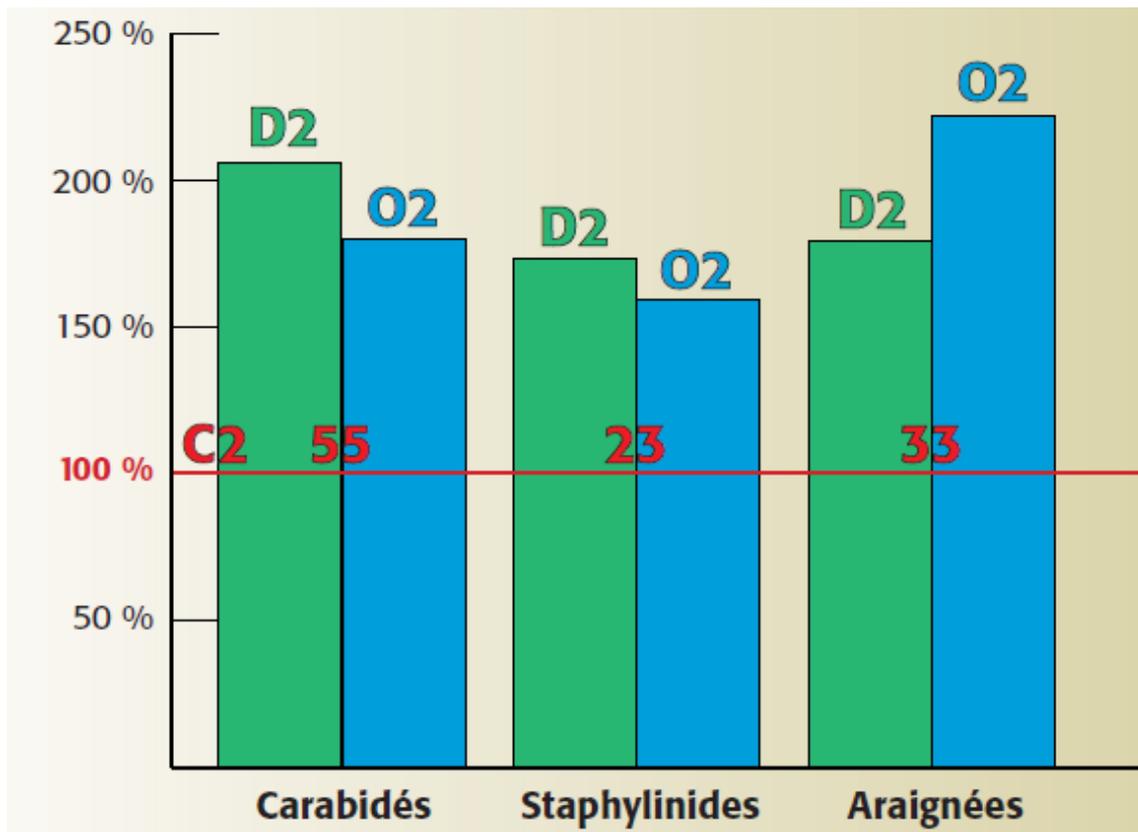
SOURCE : Pfiffner, 1993 et Jossi et al., 2007



# L'essai DOC : La zoologie du sol

## Vers de terre

### Abondance des carabidés, staphylinides et araignées



Valeurs moyennes de 1988, 1990 et 1991

Les espèces de staphylinides menacées et les espèces à exigences microclimatiques élevées ne sont la plupart du temps que présentes dans les parcelles bio.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC

## Résumé zoologie du sol

Plus grande diversité dans les procédés biologiques

- › Mauvaises herbes et graines
- › Carabidés, araignées et autres espèces vivant à la surface

Biomasse des vers de terre

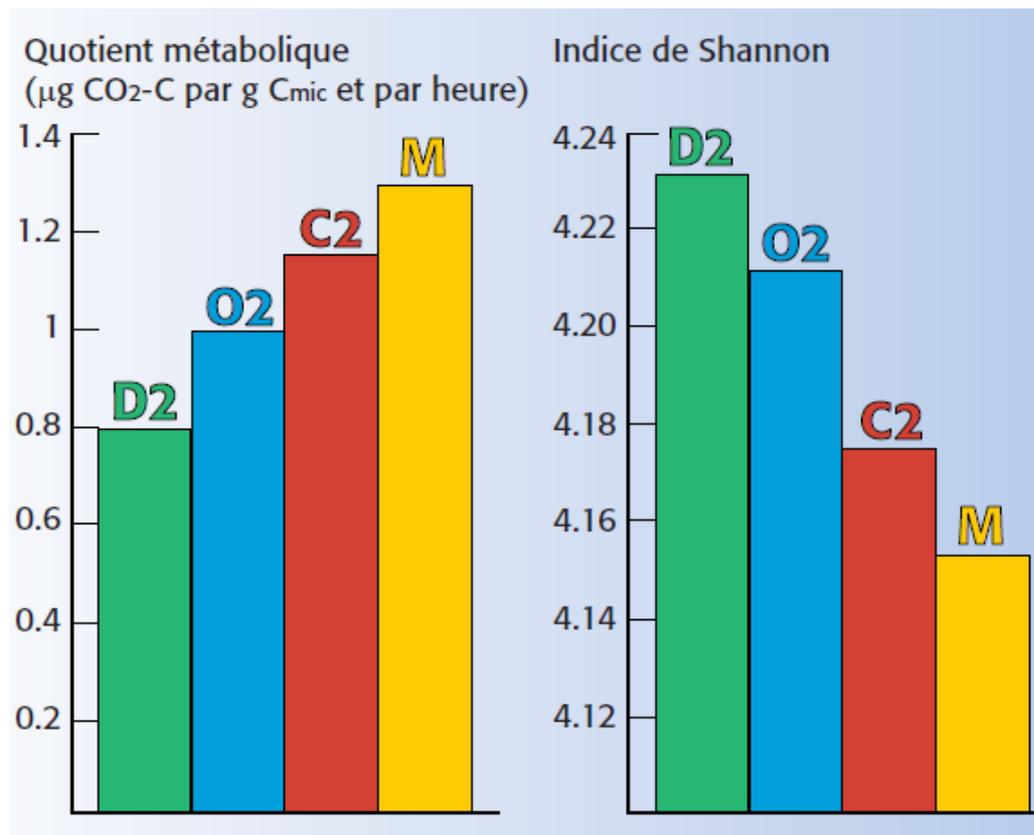
- › Identique dans les procédés avec engrais de ferme

Les organismes microbiens du sol sont différents selon le procédé.

# L'essai DOC : La biodiversité du sol

## Biodiversité

### Consommation énergétique et diversité microbienne (1995/96)



Plus la diversité microbienne est grande, moins la population de microorganismes a besoin d'énergie par unité de biomasse.

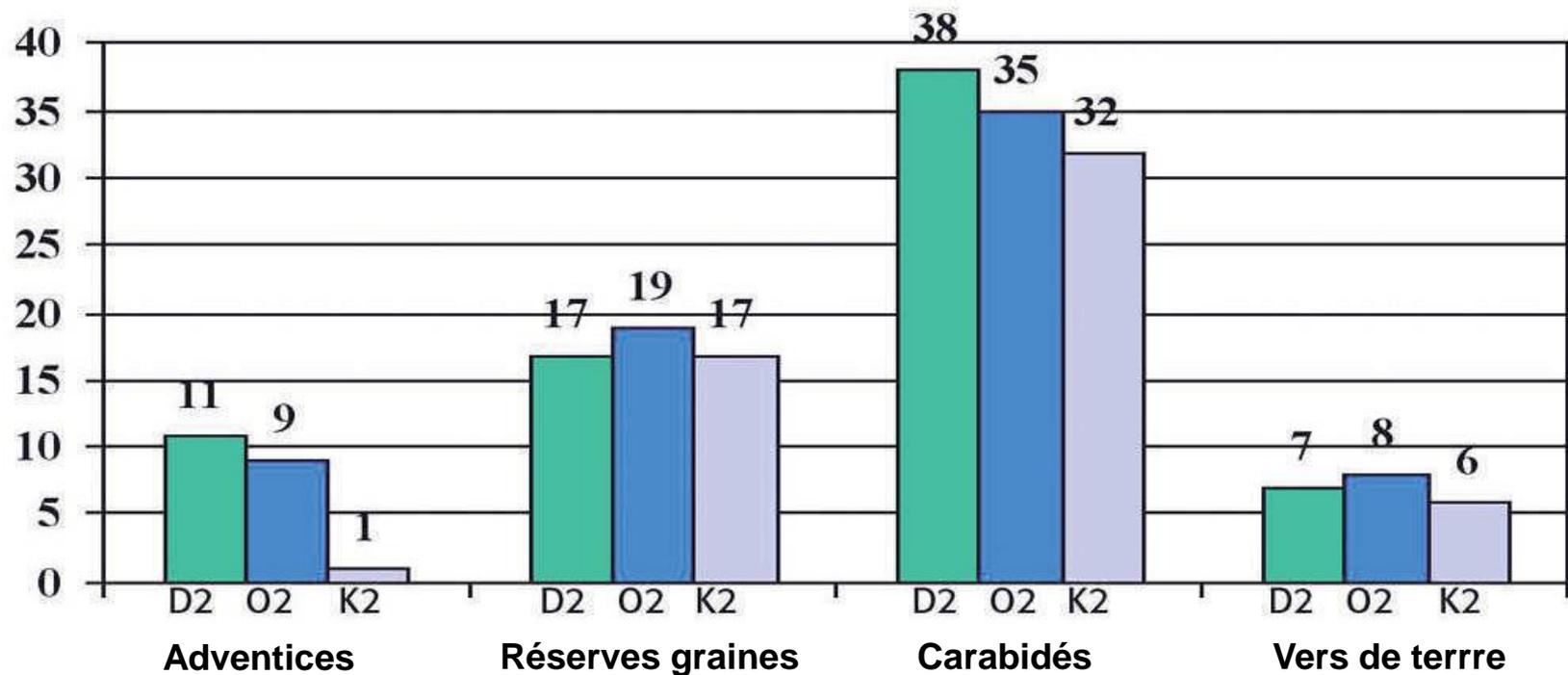
L'indice de Shannon donne un ordre de grandeur de la diversité microbienne.

Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC : La biodiversité du sol

## Biodiversité

### Nombre d'espèces dans les systèmes de production

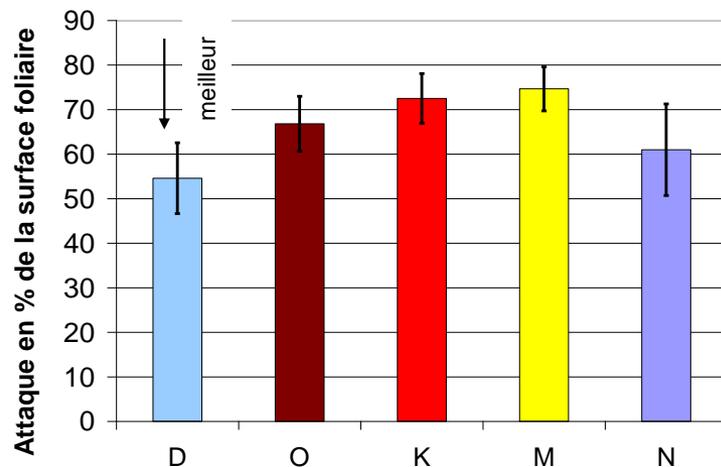


Plus les espèces d'adventices sont nombreuses, plus les conditions de vie des carabidés sont bonnes.

# L'essai DOC : La biodiversité du sol

## Maladie fongique «mildiou»

Attaque de mildiou sur *Arabidopsis* de *Thalium* dans un essai en pots avec des sols de l'essai DOC



Le mildiou attaque uniquement des plantes de la famille des brassicacées.  
Cultures maraîchères : toutes les espèces de choux  
Grandes cultures : colza, moutarde

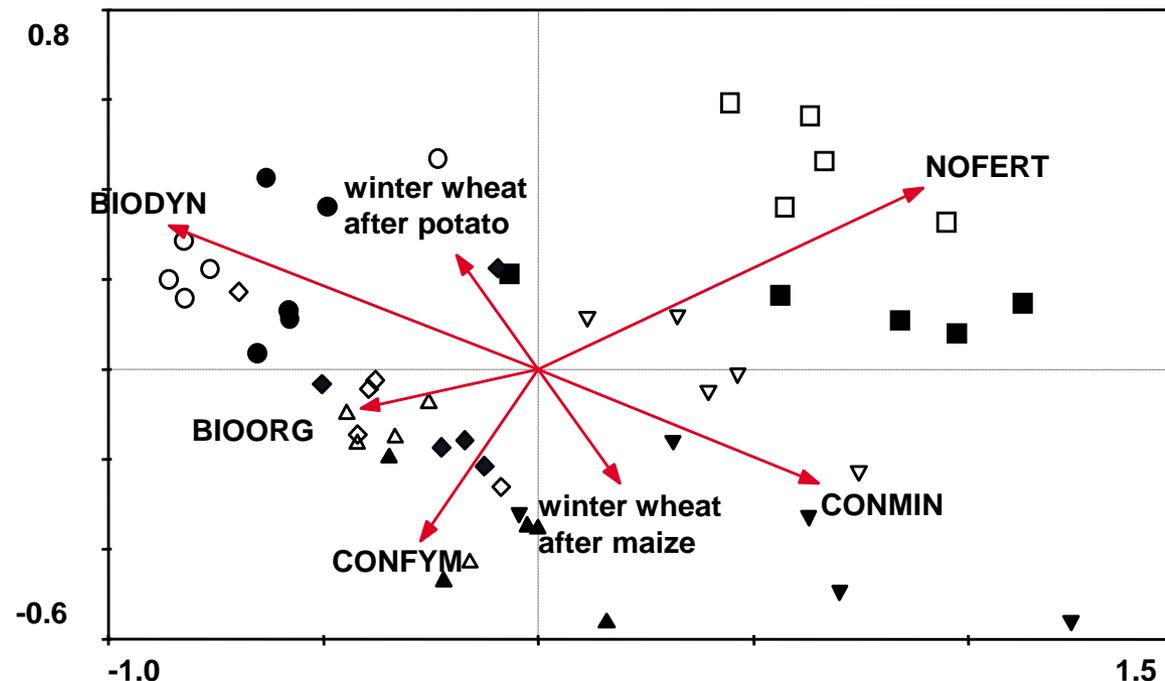


Diagramme : Travail de diplôme de Felix Weber EPF, 2005 Photo 1: image microscopique d'un sporange de *Hyaloperonospora parasitica* Emmanuel Boutet Photo 2: Arabette de *Thalium*, normal

# L'essai DOC : La biodiversité du sol

## Biodiversité

### Profils de génétique moléculaire T-RFLP



Les profils de génétique moléculaire T-RFLP varient selon les sols avec fertilisation organique et ceux sans fertilisation organique mais aussi selon le précédent cultural.

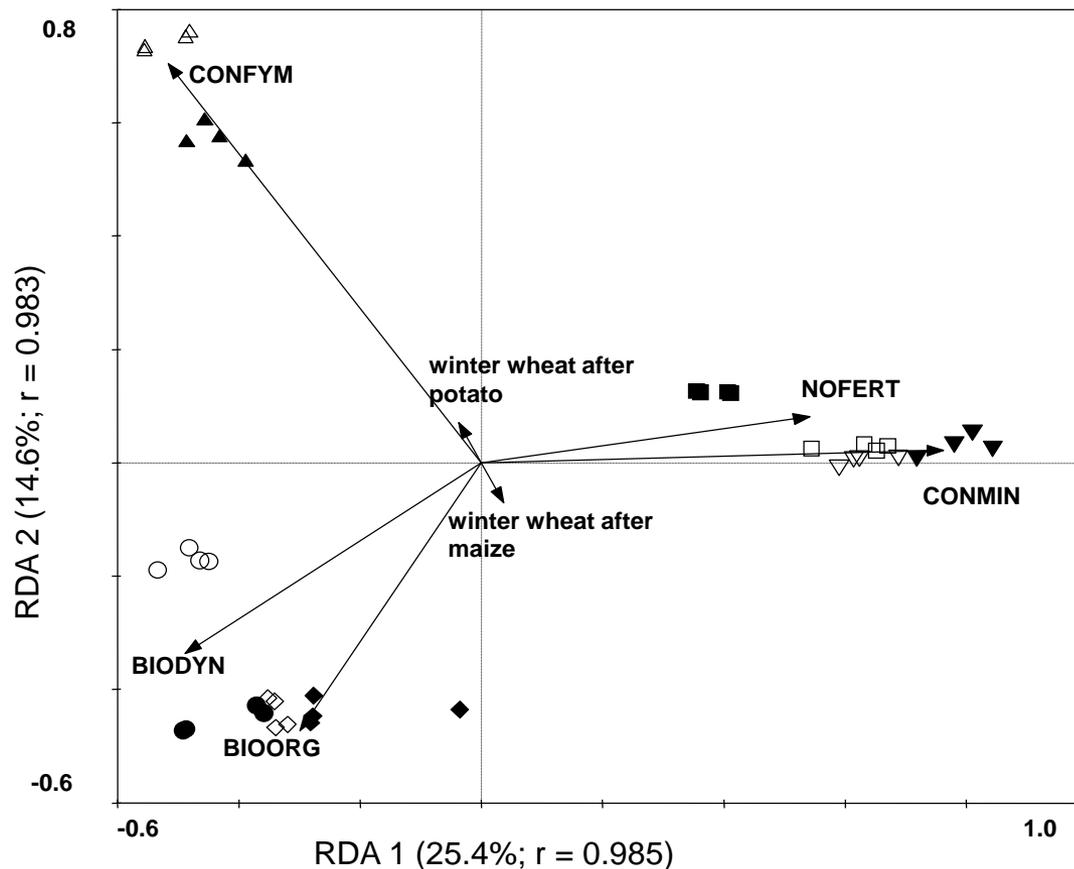
Constrained ordination of T-RFLP profiles in soils under winter wheat after potatoes (empty symbols) and after maize (filled symbols) in the DOK farming systems (□, ■ : NOFERT; ▽, ▼ : CONMIN; ○, ● : BIODYN; ◇, ◆ : BIOORG; △, ▲ : CONFYM)

Source : Hartmann et al, 2006, FEMS ME

# L'essai DOC : La biodiversité du sol

## Biodiversité

### Acides gras phospholipidiques



Les acides gras phospholipidiques sont des molécules marqueurs de la membrane cellulaire des organismes.

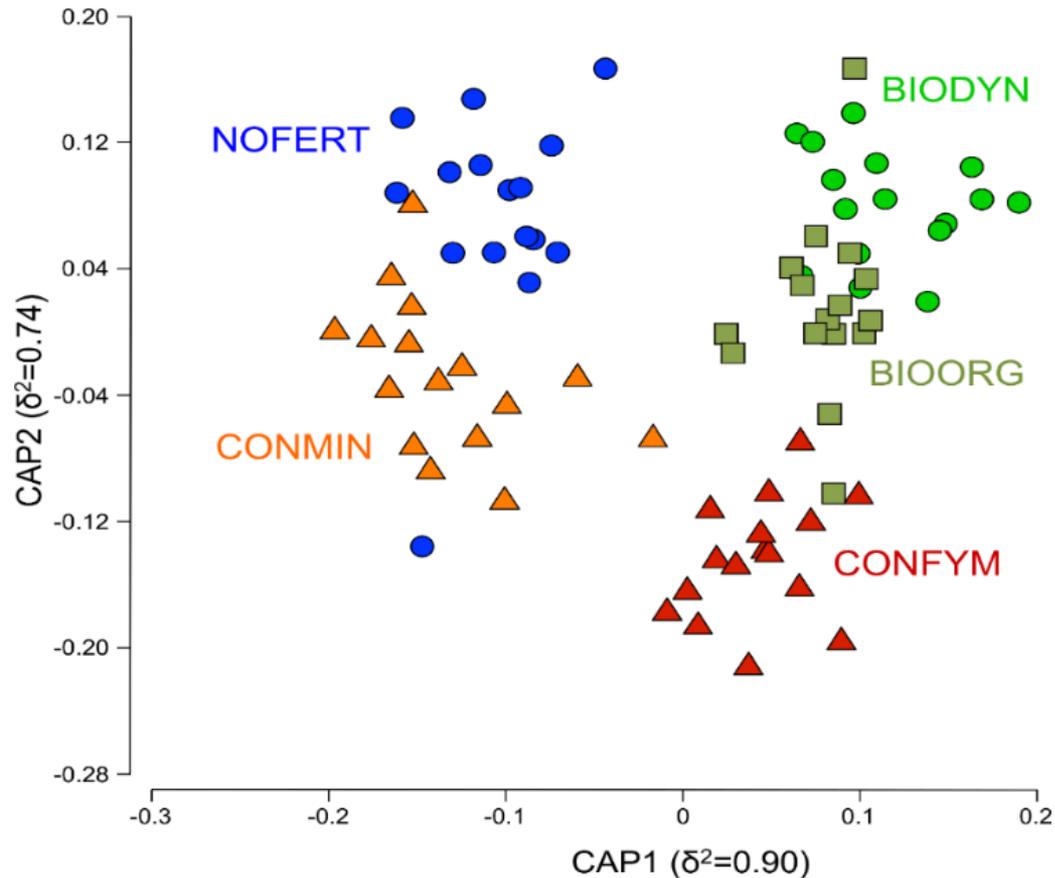
Ils varient selon les procédés avec fertilisation organique et ceux sans fertilisation organique mais également entre CONFYM et BIODYN, BIOORG.

Source : Esperschütz et al., 2007 FEMS ME

# L'essai DOC : La biodiversité du sol

## Biodiversité

### Différenciation des microflores



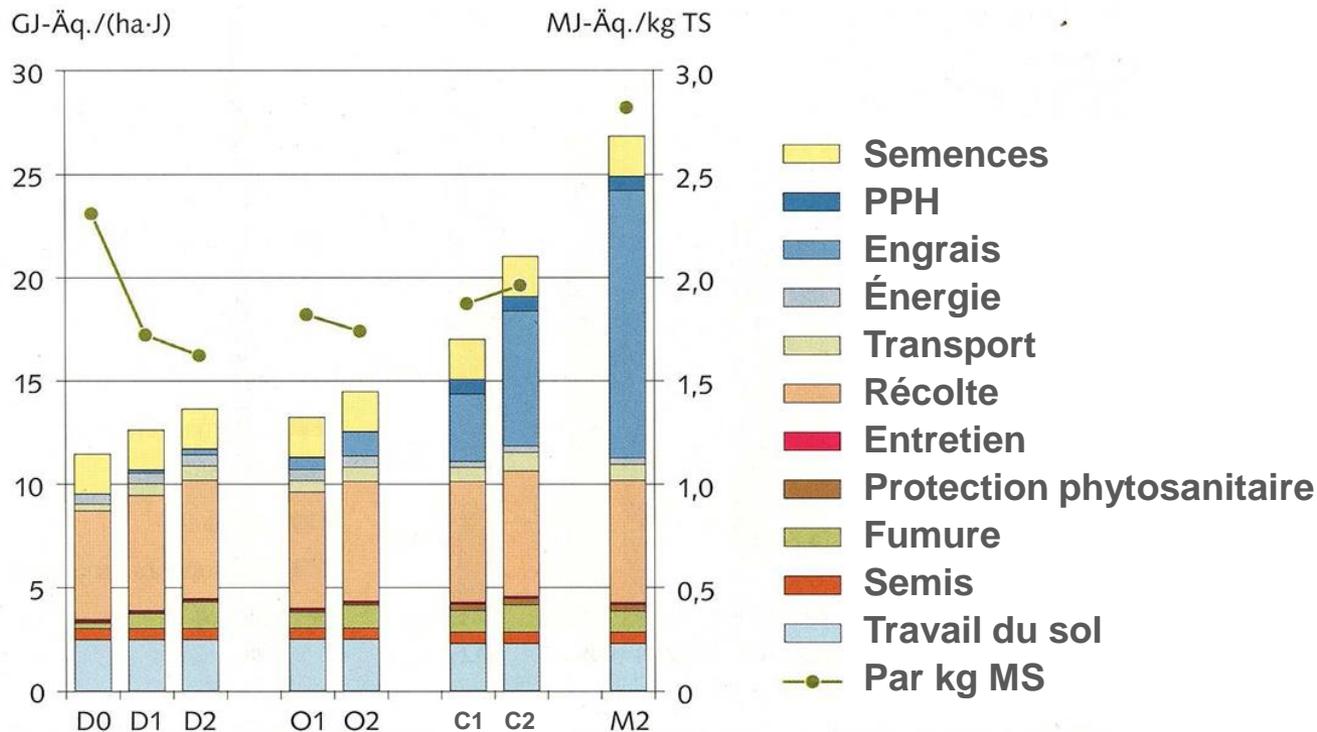
Différenciation des microflores avec les nouvelles techniques à haut débit: chaque système agricole produit sa propre microflore typique.

Source: Hartmann *et al.*, ISMEJ, 2014

# L'essai DOC : Bilan écologique, effets sur le climat

## Consommation d'énergie

### Consommation d'énergie par hectare et par unité de matière sèche



Source: Nemecek et al., 2005

# L'essai DOC : Bilan écologique, effets sur le climat

## Consommation d'énergie

### Consommation d'énergie et potentiel de réchauffement du climat

Field trial	System	Energy use		Global warming potential	
		GJ ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	MJ kg <sup>-1</sup> yield d.m.	kg CO <sub>2</sub> -eq ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	kg CO <sub>2</sub> -eq kg <sup>-1</sup> yield d.m.
DOK trial (1985-1998) (Nemecek et al., 2005)	<i>BIODYN</i>	13.6 (65 %)	1.6 (80 %)	2804 (63 %)	0.35 (81 %)
	<i>BIOORG</i>	14.5 (69 %)	1.8 (90 %)	2920 (65 %)	0.36 (84 %)
	<i>CONFYM</i>	21.0 (100 %)	2.0 (100 %)	4474 (100 %)	0.43 (100 %)
	<i>CONMIN</i>	26.9 (128 %)	2.8 (140 %)	4121 (92 %)	0.44 (102 %)

Source : Nemecek et al., 2005, Ökobilanzierung, Zurich, 156 p.

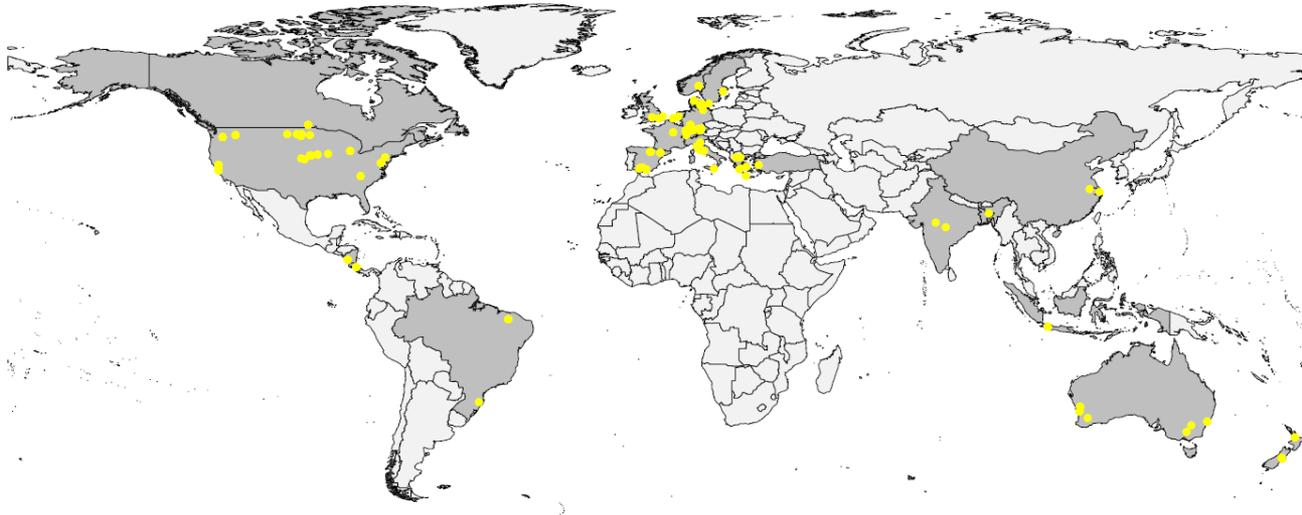
# L'essai DOC : Bilan écologique, effets sur le climat

## Carbone du sol (méta-analyse) 1

### Le carbone dans les systèmes d'agriculture biologique

Répartition géographique des sites

74 études avec plus de 211 comparaisons



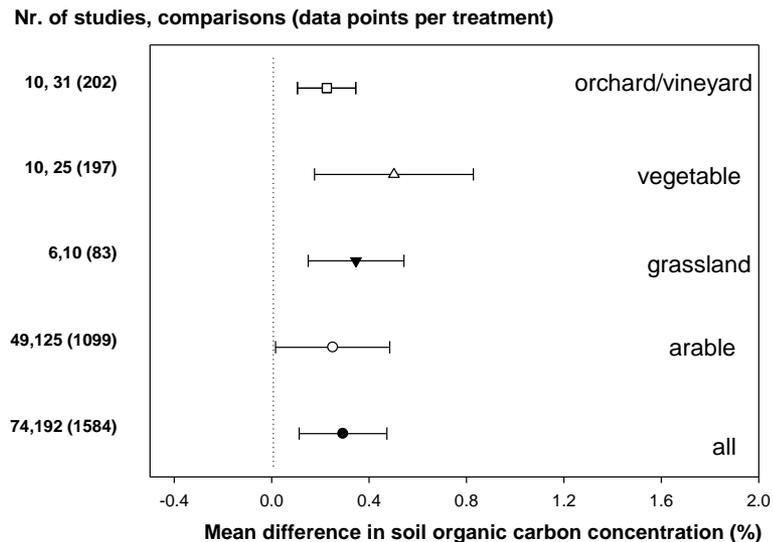
Source: Gattinger et al., PNAS, 2012

# L'essai DOC : Bilan écologique, effets sur le climat

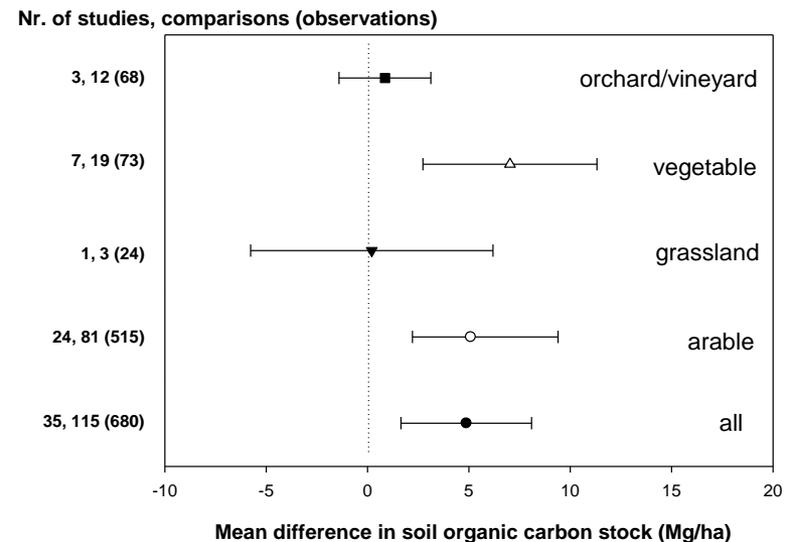
## Carbone du sol (méta-analyse) 2

### Carbone du sol dans les systèmes agricoles biologiques et conventionnels dans le monde

#### Carbon content ( $C_{org}$ , %)



#### C-stock (t $C_{org}$ /ha)



Source: Gattinger et al. PNAS (2012)

# L'essai DOC : Bilan écologique, effets sur le climat

## Taux d'émission de méthane et de gaz hilarant

land-use	CH <sub>4</sub> fluxes per acreage (kg CH <sub>4</sub> -C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )				GWP CH <sub>4</sub> fluxes per acreage (kg CO <sub>2</sub> -eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )				
	Mean	SD	studies	treatments	Mean	SD	studies	treatments	
arable	org	-0.61	0.13	3	3	-20.2	4.2	3	3
	non-org	-0.54	0.11		8	-18.0	3.6		8
rice-paddies	org	180.68	27.29	1	3	6023	910	1	3
	non-org	145.70	7.23		3	4857	241		3

land-use	N <sub>2</sub> O fluxes per acreage (kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )				GWP <sup>c</sup> N <sub>2</sub> O fluxes per acreage (kg CO <sub>2</sub> -eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )				
	Mean	SD	studies	treatments	Mean	SD	studies	treatments	
all (annual) *	org	2.71	1.02	12	44	1270	476	12	44
	non-org	3.14	1.15		58	1437	536		58
arable	org	2.58	1.00	11	41	1209	470	11	41
	non-org	2.97	1.00		55	1392	468		55
grassland	org	3.22	0.85	2	3	1507	398	2	3
	non-org	5.64	2.52		3	2643	1118		3
rice-paddies	org	0.89	0.16	1	3	418	76	1	3
	non-org	2.28	0.30		3	1088	142		3

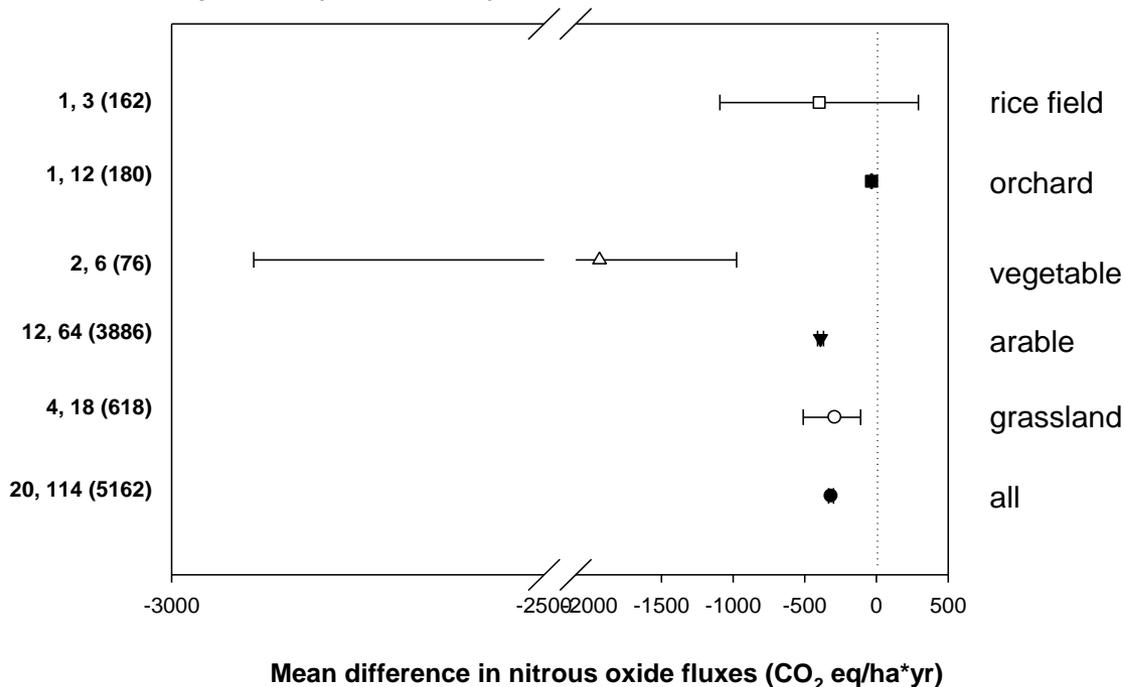
Source: Skinner *et al.*, STOTEN, 2014

# L'essai DOC : Bilan écologique, effets sur le climat

## Émissions de gaz hilarant

### Émissions de gaz hilarant des sols cultivés en bio et en conventionnel

Nr. of studies, comparisons (observations)



317 kg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> (≈ 0.34 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) d'émissions en moins des sols cultivés organiquement (20 études / 114 comparaisons / 5162 points de données; pas de données de Suisse)

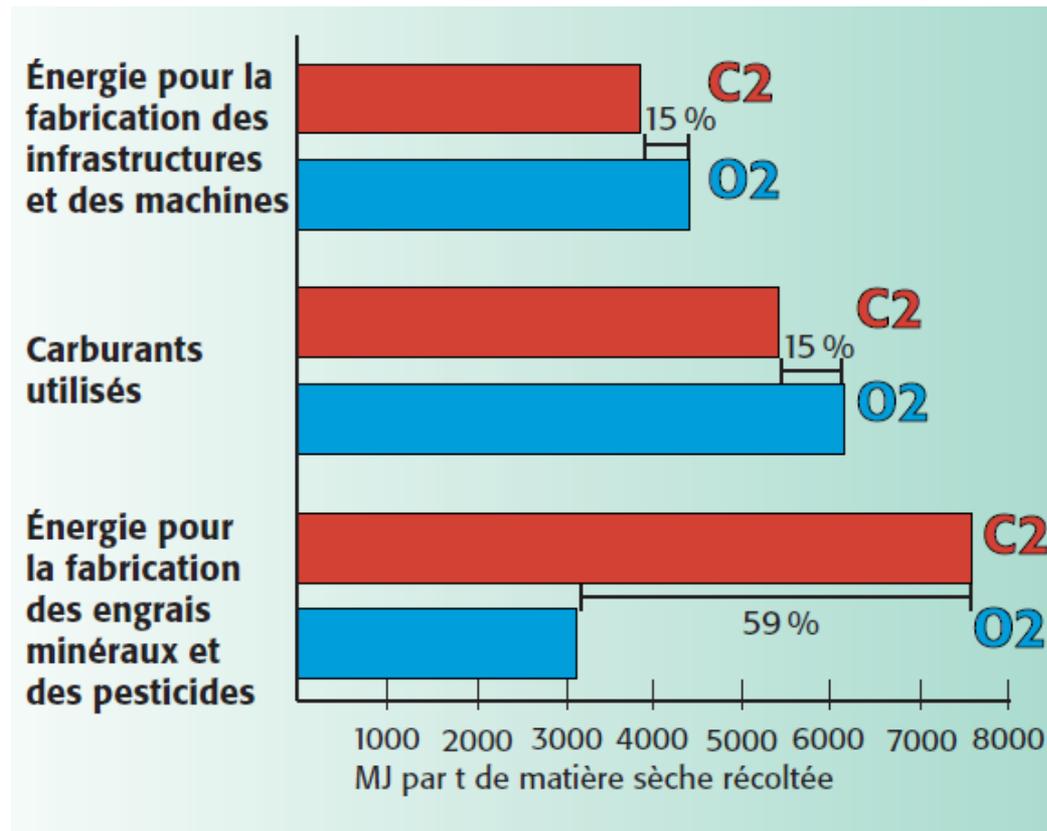
*Plus les valeurs sont négatives, moins il y a d'émissions du système organique. Les barres horizontales indiquent l'intervalle de confiance de 95%. La différence est significative si les barres d'erreur ne touchent pas la ligne 0.*

Source : Skinner, Gattinger et al. 2011

# L'essai DOC : Bilan écologique, effets sur le climat

## Énergie

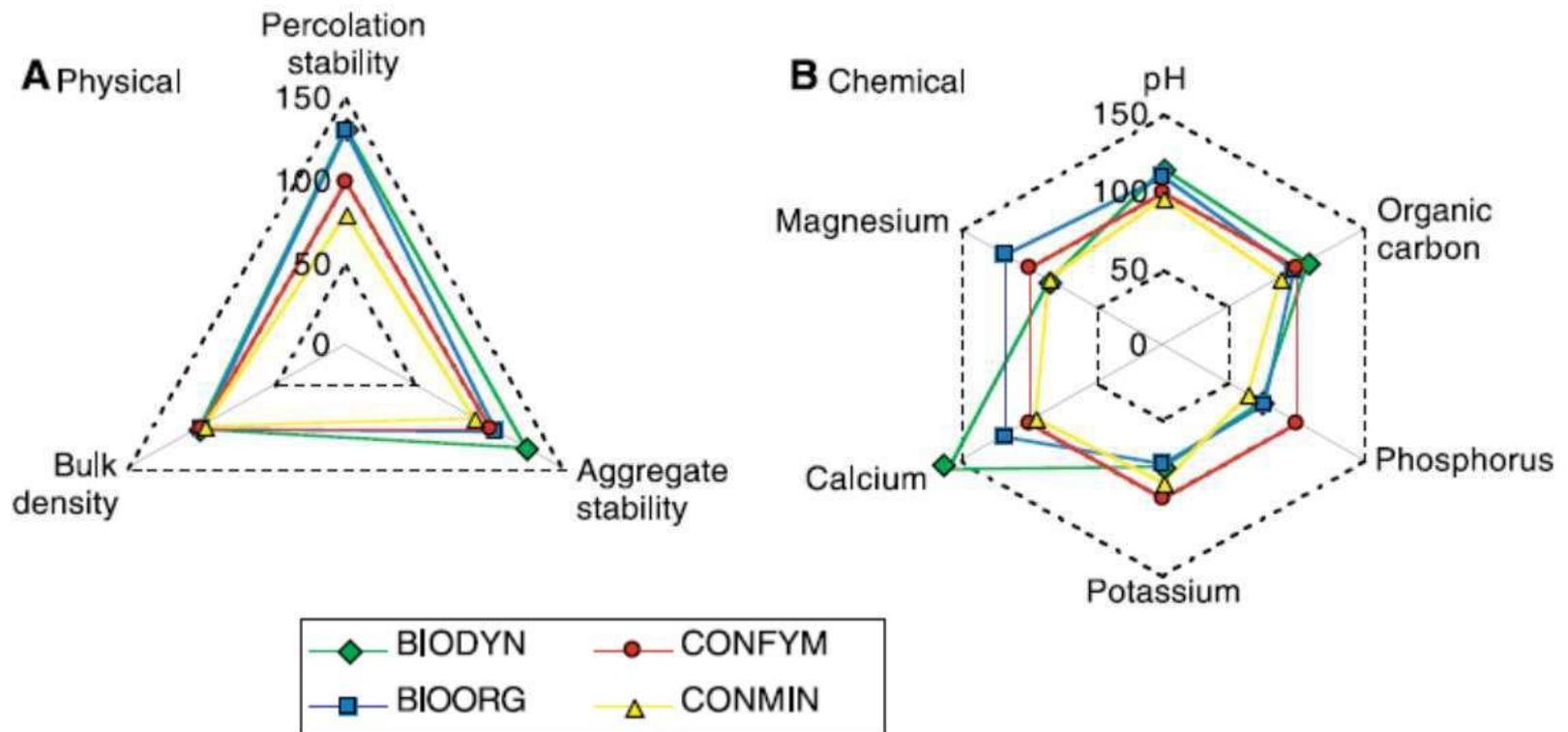
### Composants énergétiques directs et indirects



Source : Dossier IRAB «Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité»

# L'essai DOC

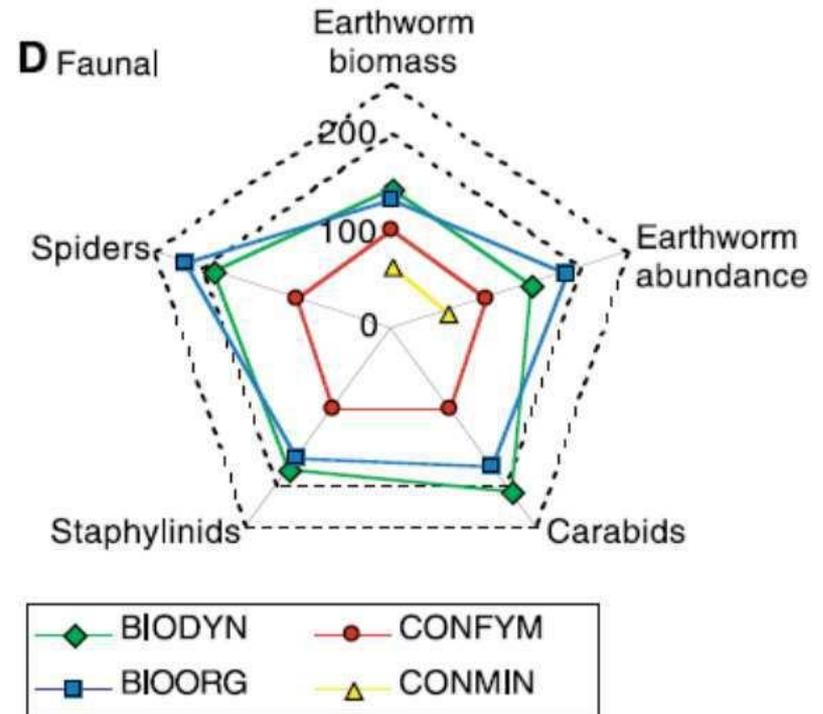
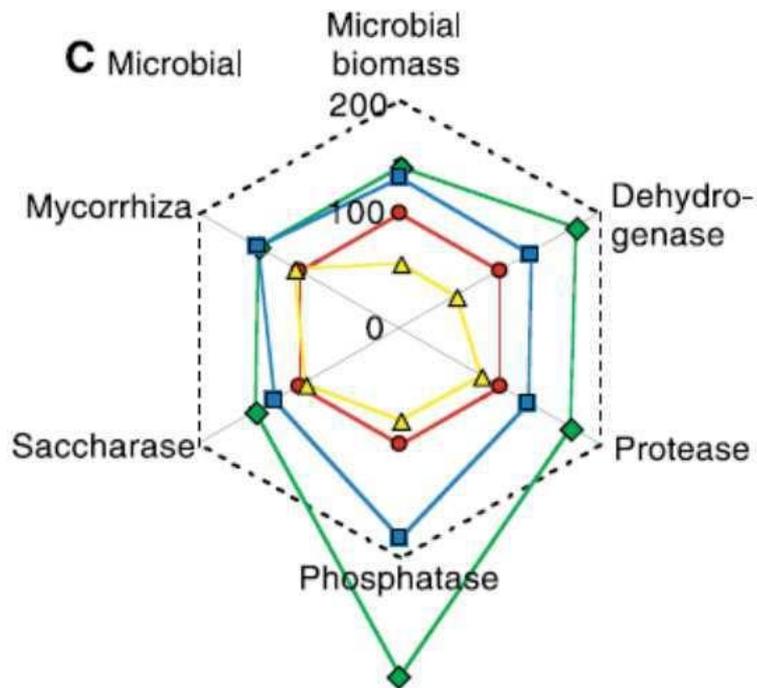
## Aperçu des caractéristiques des sols



Source : Mäder et al.,  
2002: Science 296

# L'essai DOC

## Aperçu des caractéristiques des sols



Source : Mäder et al.,  
2002: Science 296

# L'essai DOC

## Impressum, commandes et droits d'utilisation

### Éditeurs :

Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick, tél. +41 (0)62 865 72 72  
[info.suisse@fibl.org](mailto:info.suisse@fibl.org), [www.fibl.org](http://www.fibl.org)

### Bio Suisse

Peter Merian-Strasse 34  
CH-4052 Bâle, tél. +41 (0)61 204 66 66  
[bio@bio-suisse.ch](mailto:bio@bio-suisse.ch), [www.bio-suisse.ch](http://www.bio-suisse.ch)

### Collaboration et vérification :

Urs Guyer (Bio Suisse), Robert Obrist, Pascal Olivier (Bio Suisse)

**Rédaction:** Andreas Fliessbach, Kathrin Huber, Paul Mäder

**Mise en page:** Daniel Gorba

**Traduction :** Manuel Perret et Karine Contat

**Illustrations :** FiBL (sauf autres mentions)

### Commande et téléchargement gratuit :

[www.shop.fibl.org](http://www.shop.fibl.org) (Collection de transparents sur l'agriculture biologique)

### Responsabilité :

Les contenus de cette collection de transparents ont été réalisés et vérifiés avec le plus grand soin. Il n'est cependant pas possible d'exclure totalement toute erreur. Nous n'assumons donc aucune forme de responsabilité que ce soit pour d'éventuelles inexactitudes.

### Droits d'utilisation :

Cette collection de transparents est conçue pour l'enseignement et la formation. Ses différentes parties peuvent être utilisées, diffusées et modifiées à condition de mentionner les sources des textes et des illustrations. Les mentions de droits d'auteur de toute sorte qui sont contenues dans les documents téléchargés doivent être conservés et reproduits. Les éditeurs n'assument aucune responsabilité pour les contenus des liens externes.

### 2<sup>ème</sup> édition, 2016

1<sup>ère</sup> édition 2004, rédaction Res Schmutz

Cette collection de transparents a été cofinancée par la Coop avec un don fait à l'occasion des 20 ans de Coop Naturaplan