

**Le Glyphosate, les engrais azotés, le travail du sol, les couverts végétaux:  
Synthèse des impacts sur l'activité biologique du sol, le taux de matière organique des sols (C  
et N organique) et les rendements**



**Thierry Tétu, Agriculteur, Maître de Conférences à l'Université de Picardie Jules Verne, Amiens**



## Dr. Thierry TETU

Maître de Conférences

Université de Picardie Jules Verne  
Unité de Recherche EDYSAN FRE 3498 CNRS UPJV  
Spécialité Agronomie, Agroécologie,  
Physiologie Végétale, Biotechnologies

Responsable Licence Professionnelle  
Agronomie, Agriculture, Développement  
Durable, option Agriculture de Conservation  
des sols et Biodiversité

Agriculteur à Oust-Marest, 80460, Somme  
Transfert des connaissances aux agriculteurs

EMAIL : [thierry.tetu@u-picardie.fr](mailto:thierry.tetu@u-picardie.fr)

TEL : +33(0) 6 72 50 93 92

[https://www.researchgate.net/profile/Thierry\\_Tetu](https://www.researchgate.net/profile/Thierry_Tetu)  
[https:// www.semisdirect.com](https://www.semisdirect.com)



## Julien VERZEAUX

Doctorant (en cours soutenance avril 2017)

Université de Picardie Jules Verne  
Unité de Recherche EDYSAN FRE 3498 CNRS UPJV  
Spécialité Agronomie, Agroécologie

Agriculteur à Ville-sur-Retourne, 08310, Ardennes

EMAIL : [julienverzeaux@gmail.com](mailto:julienverzeaux@gmail.com)

TEL : +33(0) 6 72 15 52 90

[https://www.researchgate.net/profile/Julien\\_Verzeaux](https://www.researchgate.net/profile/Julien_Verzeaux)  
<https://fr.linkedin.com/in/julien-verzeaux-08875aa7>



## Hazzar HABBIB

PhD, doctorante (décembre 2016))

Université de Picardie Jules Verne  
Unité de Recherche EDYSAN FRE 3498 CNRS UPJV  
**AgroEcologie, EcoPhysiologie**

80000 Amiens

**EMAIL : [hazzar,habbib@u-picardie.fr](mailto:hazzar,habbib@u-picardie.fr)**  
**TEL : +33(0) 6 82 29 74 01**

[https://www.researchgate.net/profile/Hazzar\\_Habbib](https://www.researchgate.net/profile/Hazzar_Habbib)



## Elodie NIVELLE

Doctorante (en cours, soutenance juin 2017)

Université de Picardie Jules Verne  
Unité de Recherche EDYSAN FRE 3498 CNRS UPJV  
**Spécialité Agronomie, Agroécologie**

**EMAIL : [elodienivelles@gmail.com](mailto:elodienivelles@gmail.com)**  
**TEL : +33(0) 6 83 08 02 75**

[https://www.researchgate.net/profile/Elodie\\_Nivelles2](https://www.researchgate.net/profile/Elodie_Nivelles2)

# Informations



- **Responsable de Formation : Thierry Tétu**  
thierry.tetu@u-picardie.fr / 03 22 82 88 13
- **Secrétariat : Florie Ragot**  
florie.ragot@u-picardie.fr / 03 22 82 78 45
- **Apprentissage : Stéphanie Simon**  
stephanie.simon@u-picardie.fr / 03 22 82 88 02
- **Formation Continue : Marie-Pascale Caboche**  
marie-pascale.caboche@u-picardie.fr / 03 22 80 42 34

Site web: [www.semisdirect.com](http://www.semisdirect.com)

Demande de dossier de candidature sur le site Internet : [www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr)  
Renseignements : Mme Florie Ragot / ☎ 03.22.82.78.45



## Calendrier

Rentrée : Mi-septembre  
Fin des enseignements : mi-juin.  
Examens : Janvier et juin  
Stage : mi-juin-début septembre  
Soutenance : fin septembre

# Licence Professionnelle AADD

**Agronomie, Agricultures, Développement  
Durable**



- **Parcours : Agriculture et Développement durable**  
OU
- **Parcours : Agriculture de Conservation des Sols, Agrofouritures, Biodiversité**

UFR des Sciences  
33 Rue St Leu  
80039 AMIENS Cedex1

## Modules d'enseignements :

### **Troncs Commun (300h) :**

- UE3: Agronomie, gestion des Sols, (80h)
- UE4: Eau, azote, xénobiotiques, hydrologie et hydrogéologie (50h)
- UE5: Phytotechnie, génétique et développement durable, (50h)
- UE6: Systèmes fourragers, Nutrition animale et élevage, (40h)
- UE9: Malherbologie et protection des cultures, (80h)

### **Parcours ADD (150h, 310h) :**

- UE1: Agriculture et société, commerce international et équitable, (25h)
- UE2: Agriculture et territoire, écologie et agro-écologie, (50h)
- UE7: Économie, droit rural, fiscalité agricole, (25h)
- UE8: Qualité des produits agricoles, diversification et circuits courts, (50h)
- UE11-12 : Projet tuteuré, et stage et expérimentation agronomique, statistique et analyses biologiques +MEC (160h)

### **Parcours ACS-CAAB (150h, 310h) :**

- UE13: Agroéquipement, agrofournitures, (25h)
- UE14: Agriculture de conservation des sols, couverts végétaux et semis direct, (50h)
- UE15: Commerce, techniques commerciales en agriculture, (25h)
- UE16: Gestion de la biodiversité des sols et des cultures, physicochimie des sols, (50h)
- UE 17A-17B: Projet tuteuré « commerce et machinisme-outil-service et machinisme, outil-service et agronomie, (80h)
- UE18 : Projet professionnel, stage et expérimentation agronomique, statistique et analyses biologiques +MEC (80h)

## L'alternance, quels intérêts ?

**L'alternance ( en apprentissage ou en contrat pro) est un mode de formation qui vise à professionnaliser un jeune en lui apprenant concrètement un métier, quel que soit sa nature.**

### **De nombreux avantages en découlent :**

- Accumuler des expériences professionnelles,
- Acquérir des savoirs, savoir-faire et savoir-être,
- Bénéficier d'un suivi (double tutorat entreprise et école),
- Appliquer une partie des cours en entreprise,
- Connaître la réalité du monde de l'entreprise et s'y intégrer progressivement,
- Perspective d'embauche dans l'entreprise,
- Bénéficier d'un salaire pendant sa formation plus une protection sociale.

## Domaines d'activités :

### **Parcours ADD :**

- Responsable d'exploitation (production classique)
- Inspecteur agri-environnemental
- Enseignement agricole
- Assistant ingénieur en Expérimentation Végétale
- animateur réseau agriculture durable
- Conseiller en agriculture durable
- Prospecteur de filières en circuits courts
- Vente à la ferme
- Tourisme à la ferme
- Conseiller de l'interprofession agricole
- Technico commercial agronomie

### **Parcours ACS-CAAB :**

- Responsable d'exploitation (techniques de production alternatives)
- Vente et commercialisation des produits, agroéquipements, agrofournitures
- Responsable des approvisionnements
- Gérant magasin
- Conseiller en Machinisme
- Conseiller agronomique et systèmes de cultures
- Prospecteur filières bioénergies
- Technico-Commercial agroéquipements et agrofournitures
- Conseiller en énergétique agricole
- Agriculture biologique

### **Profil des candidats :**

- **Formation initiale**
  - Classique
  - Contrat d'apprentissage
  - Contrat de professionnalisation
- **Formation continue**
  - Toute personne salariée ou en recherche d'emploi ayant un niveau
  - Bac+2 scientifique ou VAE équivalente

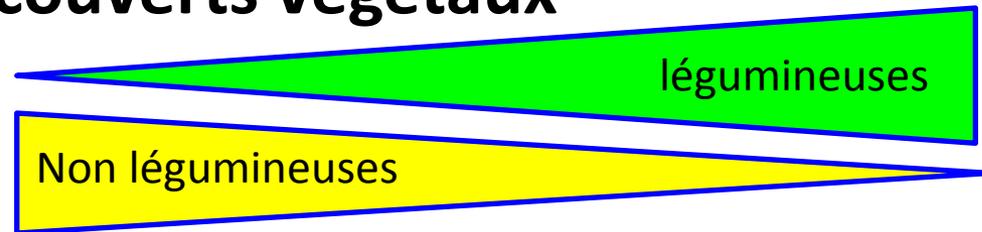


# Données expérimentales issues de la plateforme VEGESOL

Rotation culturale :

pois - maïs – blé- lin- betterave – blé –haricot – blé

## couverts végétaux



Cover crops composition	Avoine	phacélie	lin	vesce	fèverole	trèfle alexandrie	
	C1	25	12	5	10	65	7
	C2	10	4	5	20	100	12

Avoine (*Avena sativa*), Phacelie (*Phacelia tanacetifolia*), Lin (*Linum usitatissimum*), Vesce velue (*Vicia sativa*), fèverole(*Vicia faba*), trèfle alexandrie (*Trifolium alexandrinum*),

SDC1

SD

SDC2

LC2

LC1

L

## Phase 1 Initialisation

- Modification structurale
- Infiltration eau
- **Compaction en limon**
- **Choix des couverts  
Cover crops  
choices  
(rhizosphère et mycotrophie)**
- Organic nitrogen turn over
- P fertilization modifications
- chaulage ou amendement calcaire (C et vers de terre, minéralisation Norg)
- Protection phyto classique

0 to 4

## Phase 2 Transition

- Augmentation MO
- Stabilité structurale
- Augmentation activité microbienne
- Nutrition P à partir Ptotal
- Mycorhization di
- Diminution fertilisation azotée si structure ok
- Pneumatiques
- biocontrôle

4 to 8

## Phase 3 Consolidation

- Accumulation carbone
- Augmentation CEC
- Augmentation turn over des éléments minéraux
- Teneur en eau
- CEC
- dépend sol et climat
- Gain maladies

8 to 12

## Phase 4 Maintenance

- Continuous flow of N and C
- Disponibilité en eau maximale
- Diminution irrigation
- Augmentation P assimilable
- Augmentation colossale biomasse microbienne
- Fertilisation non soluble P

+ 12

Coûts production

Temps (années)



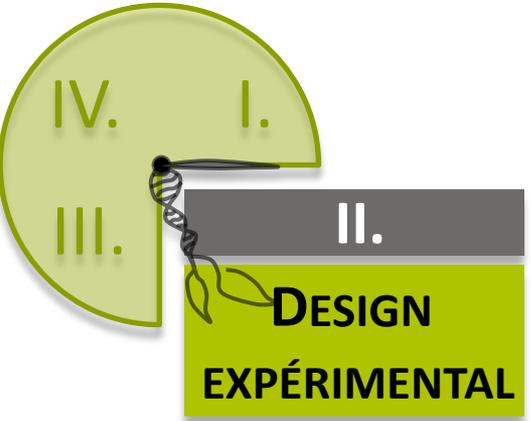
**Influence du glyphosate sur l'activité biologique des sols  
en mésocosme et aux champs**



Systeme ouvert

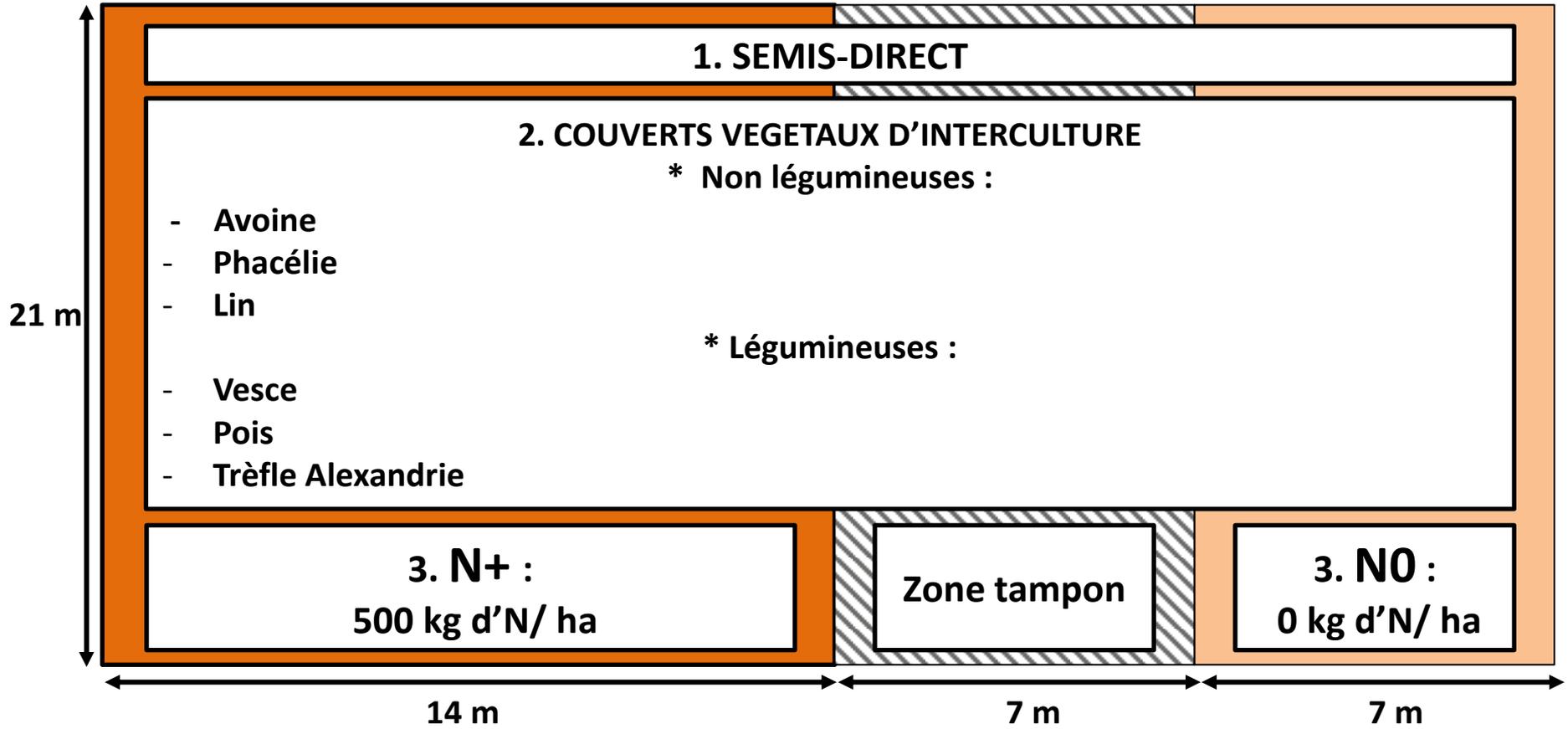


Systeme fermé



**Conduite culturale depuis 2010 :**

1. Travail du sol
2. Couverts végétaux
3. Historique de fertilisation

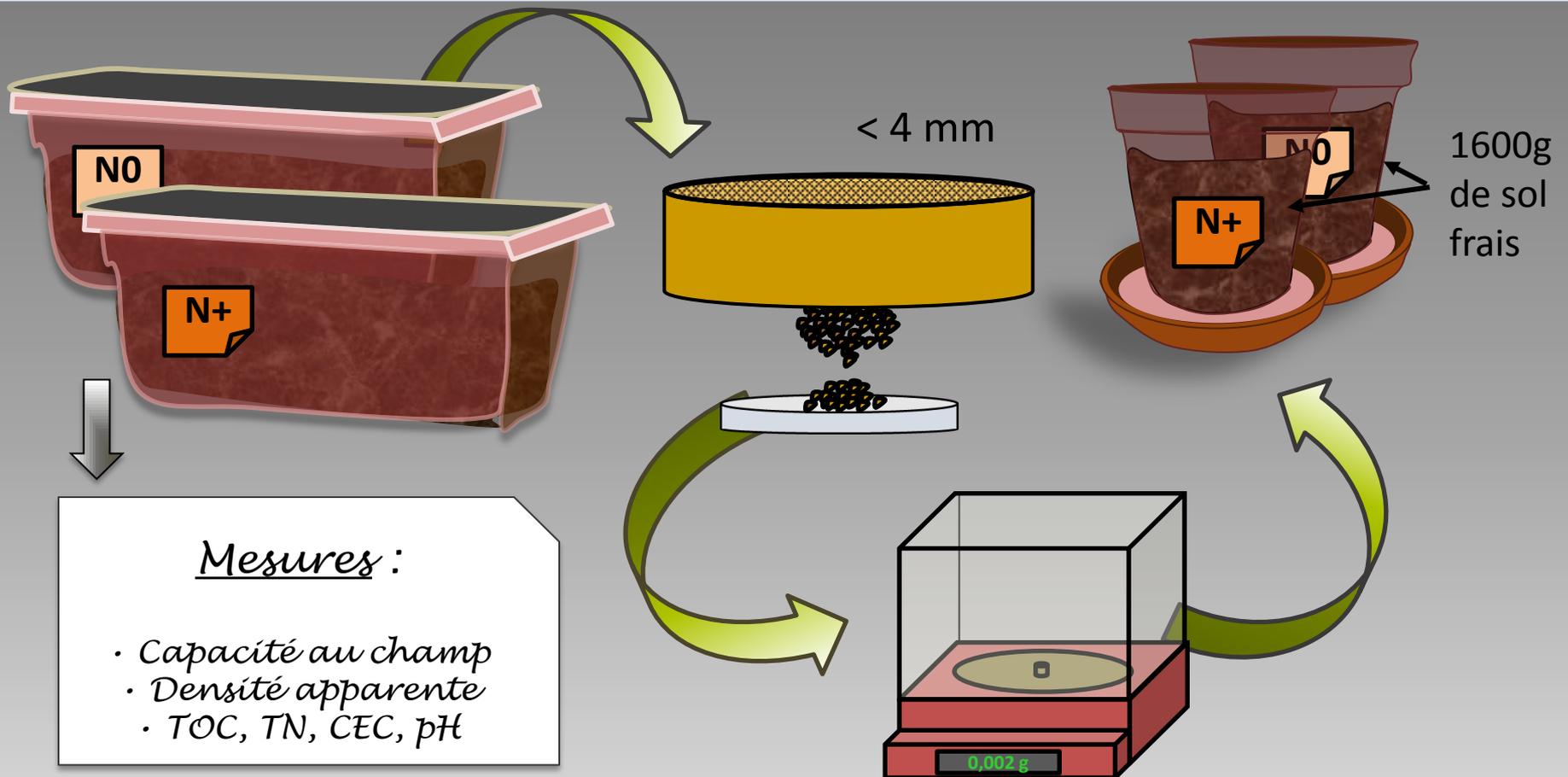


IV. I.  
III.

II.

DESIGN  
EXPÉRIMENTAL

Conditionnement,  
tamisage et  
préparation des pots



## PLANTE

- \* BIOMASSE
- \* PHOTOSYNTHESE, CHLOROPHYLLE
- \* SUCRES, AMIDON
- \* ACIDES AMINES, AMMONIUM
- \* C/N, N<sup>15</sup>



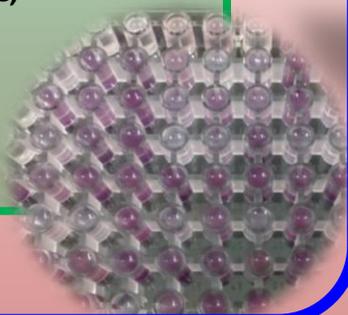
## PUCERON

- \* TAUX DE SURVIE
- \* POIDS
- \* C/N

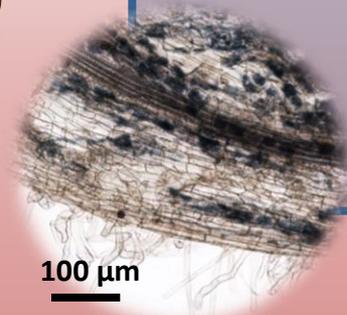


- \* pH, HUMIDITE, CEC,
- C/N, N<sup>15</sup>, P, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- \* CLPP
- \* DH, PAL

## SOL

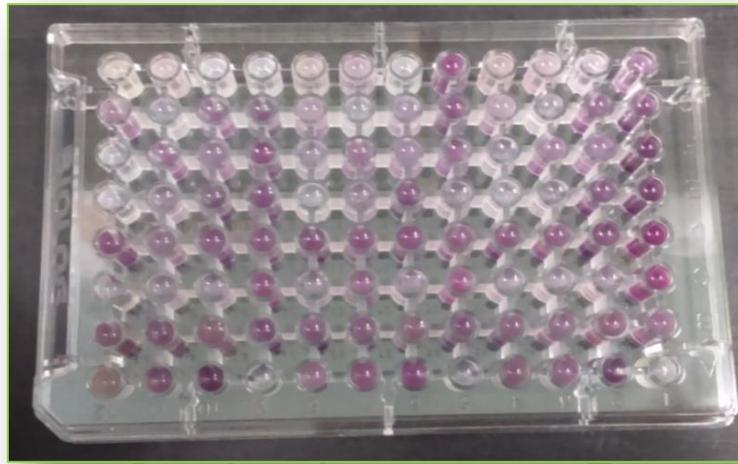


- \* TAUX COLONISATION

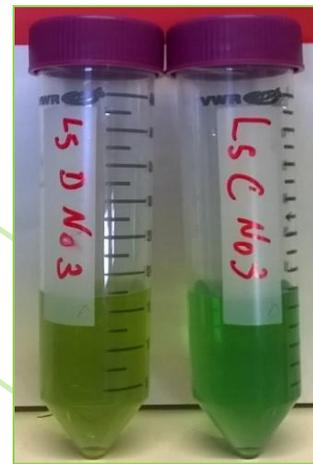


## MYCCORHIZE

Impact des pratiques culturales sur les activités de dégradation MO



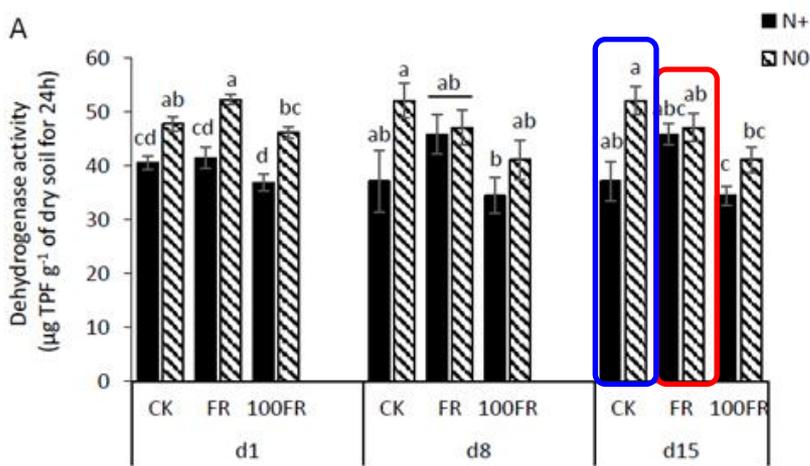
Bactéries dégradant les 31 sources de C (BIOLOG)



Activités uréase et déshydrogénase

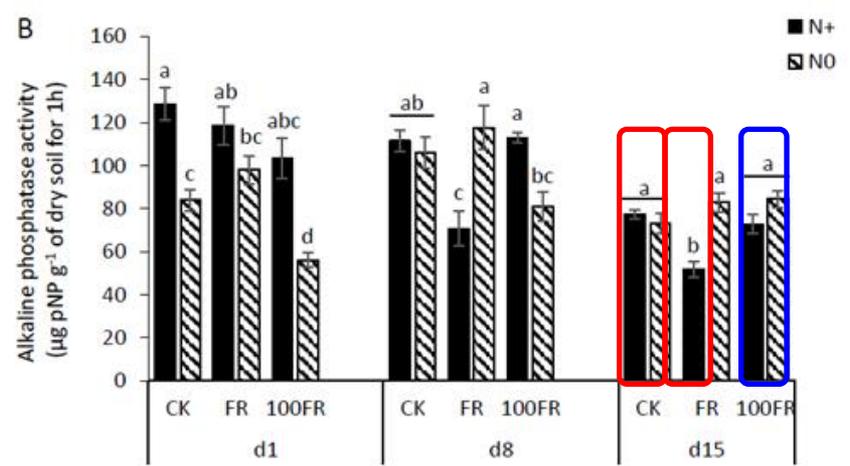


Bacilles GRAM (-) non entérobactéries (API 20NE)



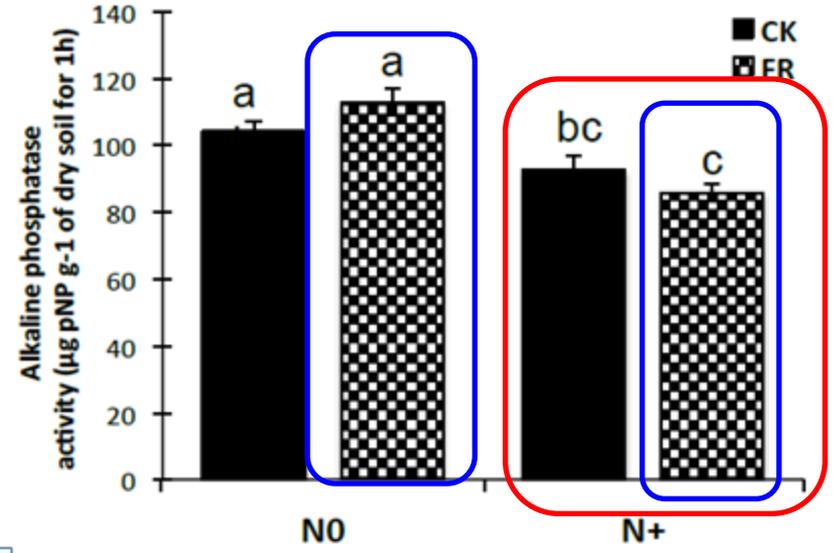
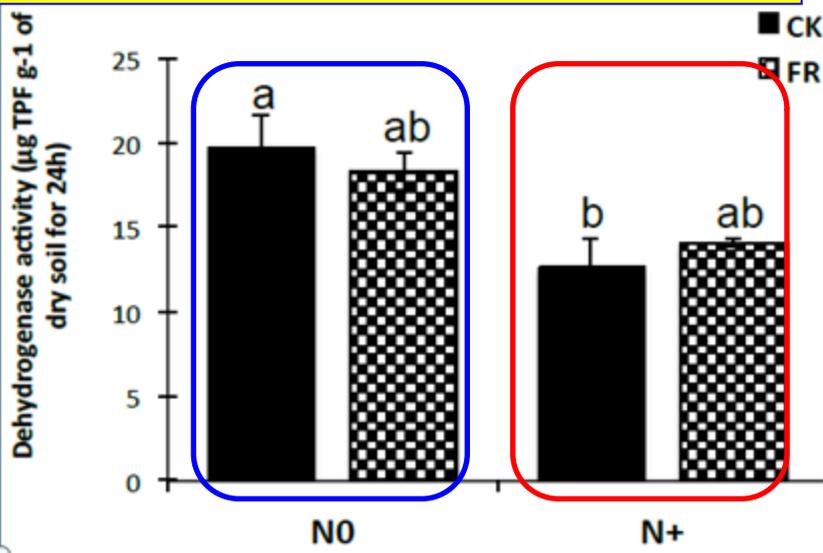
Sur sol nu:  
 Dose normale FR: pas d'effet roundup seul sur DH  
 Effet négatif azote N+ sur activité DH (contrôle CK)

En culture (haricot):  
 pas d'effet roundup seul en N+ sur DH (a/ab)  
 Effet négatif azote seul sur DH: No/Nx (a/b)



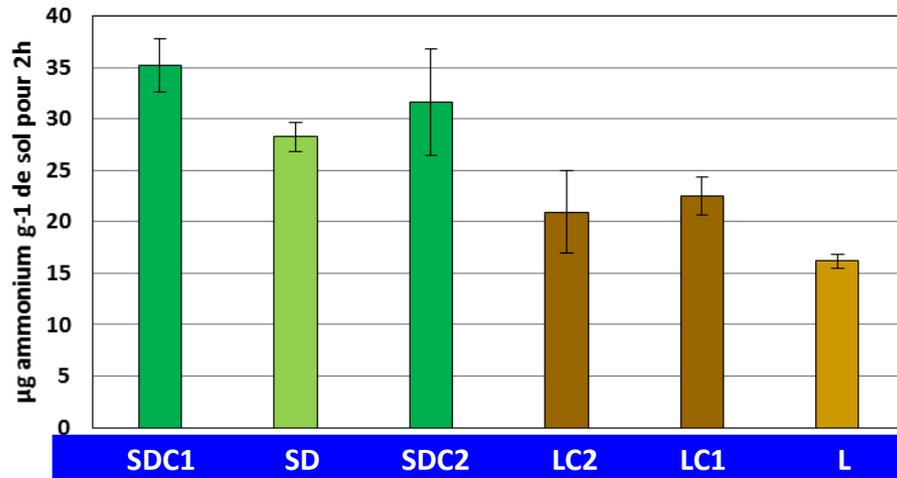
Dose normale FR : pas d'effet roundup sur ALK-P  
 Rôle négatif azote minéral sur ALK-P  
 Pas d'effet significatif dose 100 FR sur ALK-P

En culture (haricot):  
 pas d'effet roundup seul sur ALK-P en Nx (bc/c)  
 Effet négatif azote sur ALK-P: No/Nx (a/c)

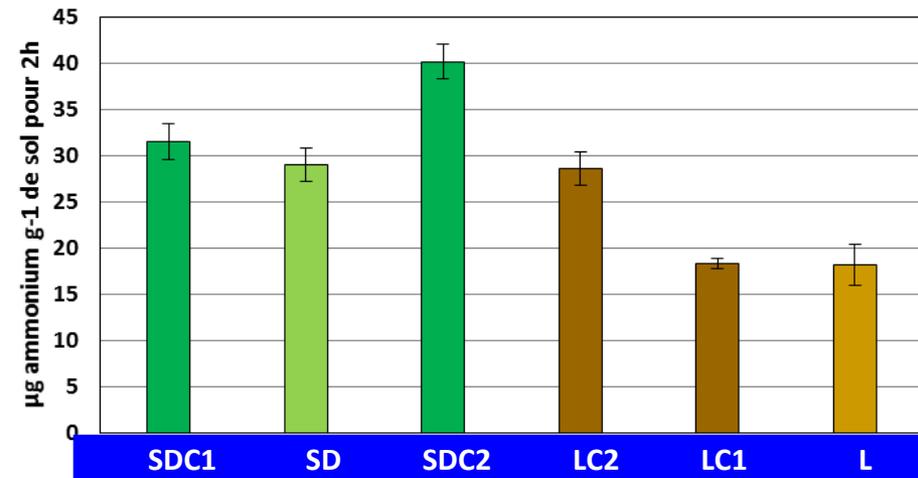


## Aux champs

### Activité Uréase NX



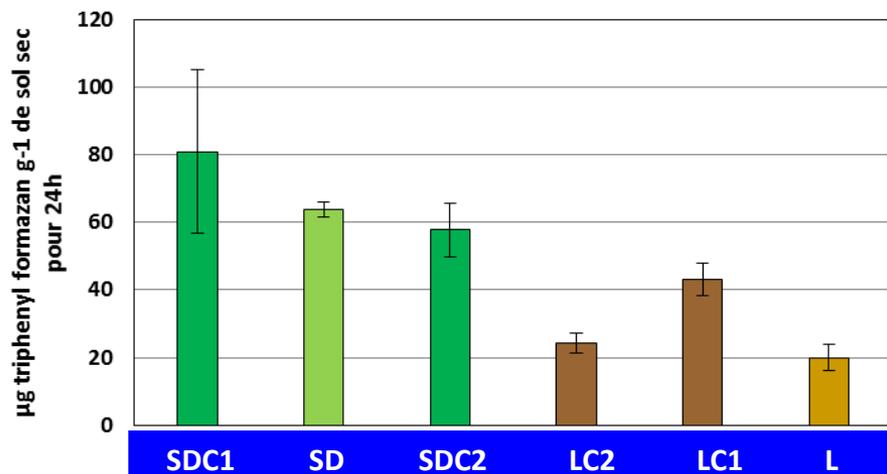
### Activité Uréase N0



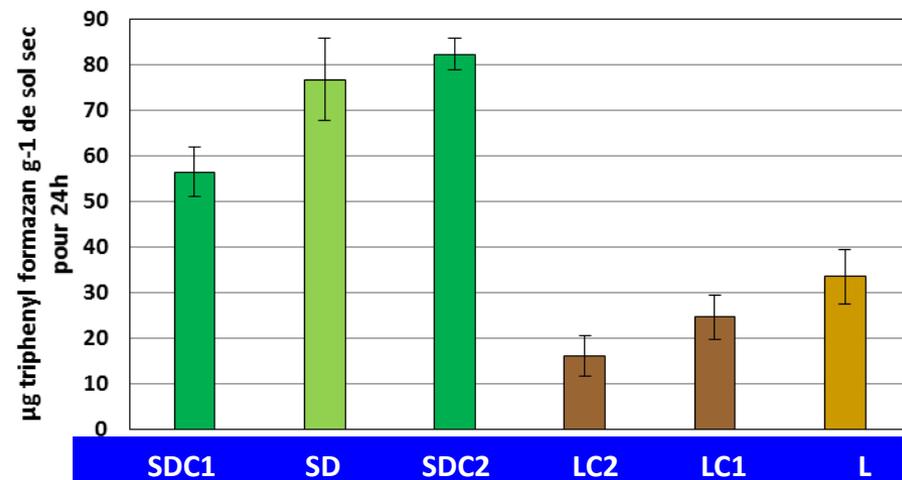
Activité uréase significativement plus faible en labour: plm efficience U39

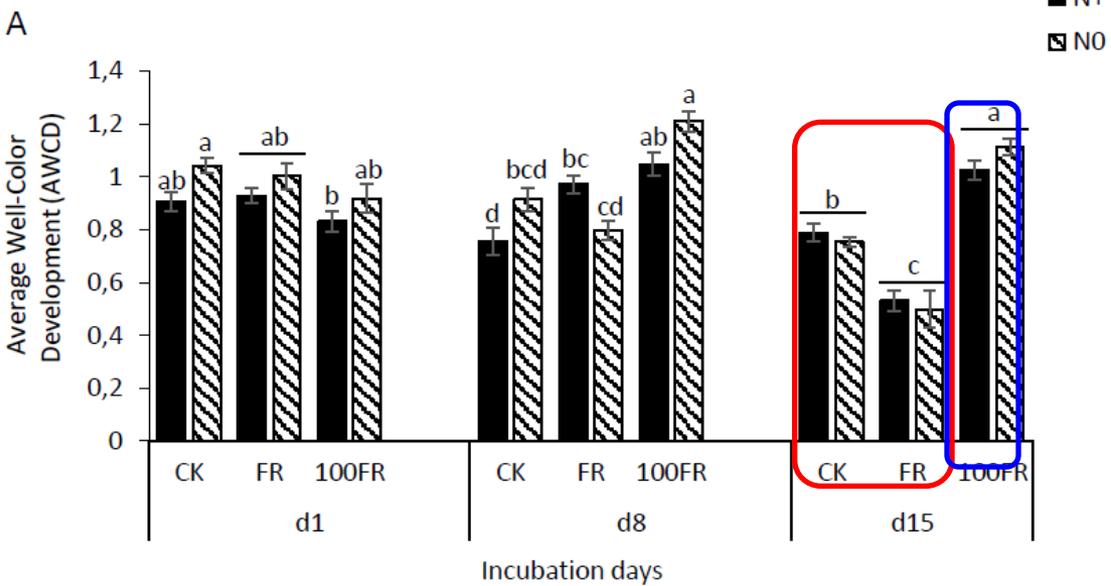
Activité déshydrogénase = indicateur activité biologique des sols

### Activité Déshydrogénase NX



### Activité Déshydrogénase N0





Dose normale FR : Roundup diminue activité de dégradation MO/témoin (c/b)  
 Dose forte : effet + sur dégradation MO

Activité dégradation MO (molécules organiques carbonées et azotées, plaques biolog 31 substrats carbonés et azotés



Semis direct  
non couvert

Semis direct  
couvert

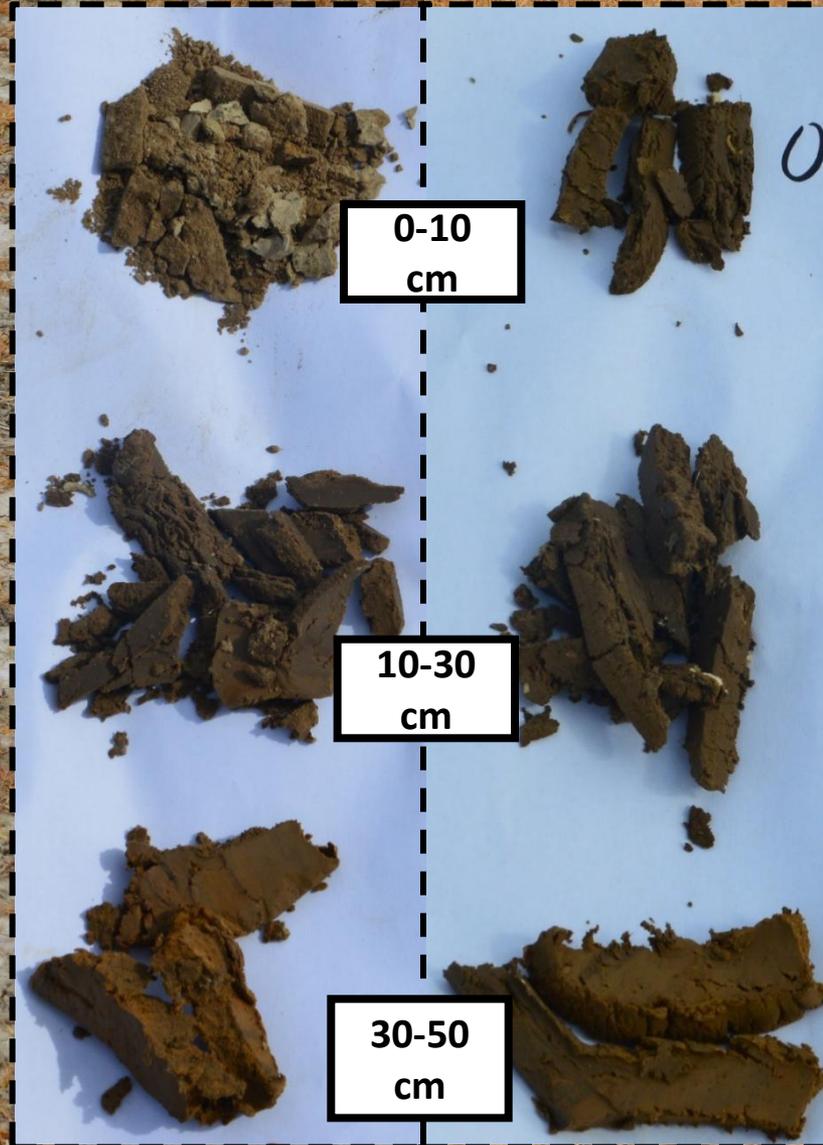
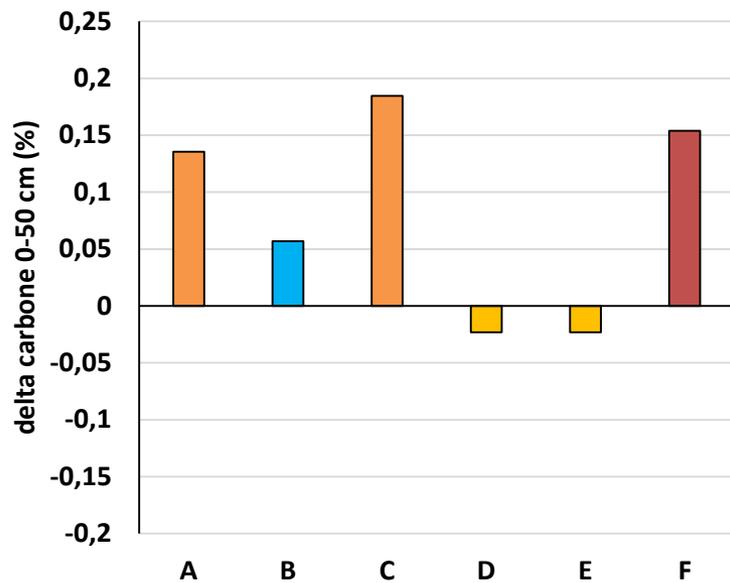
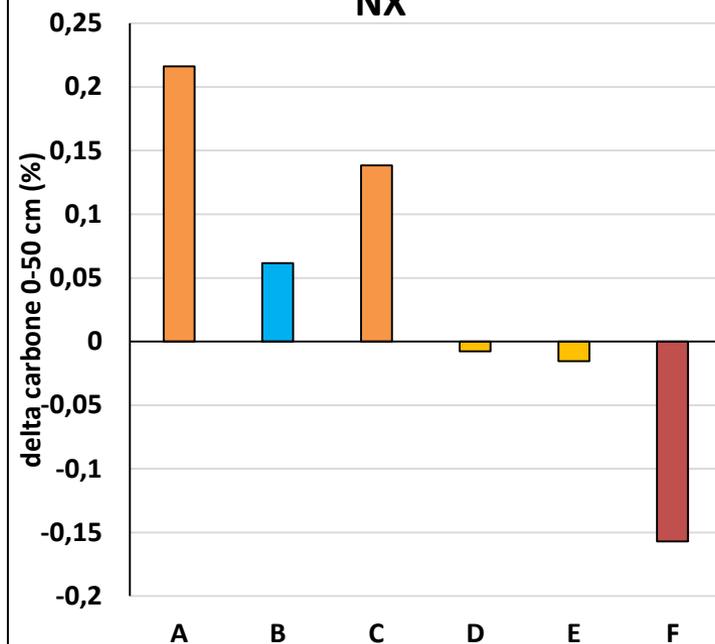
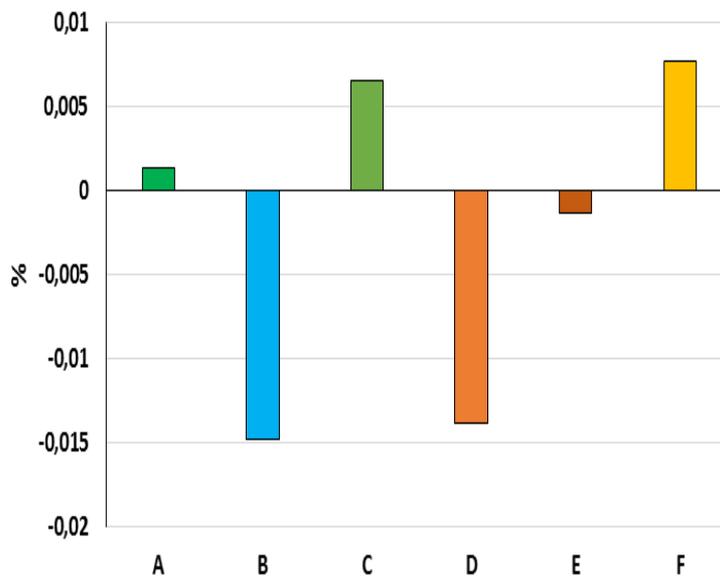
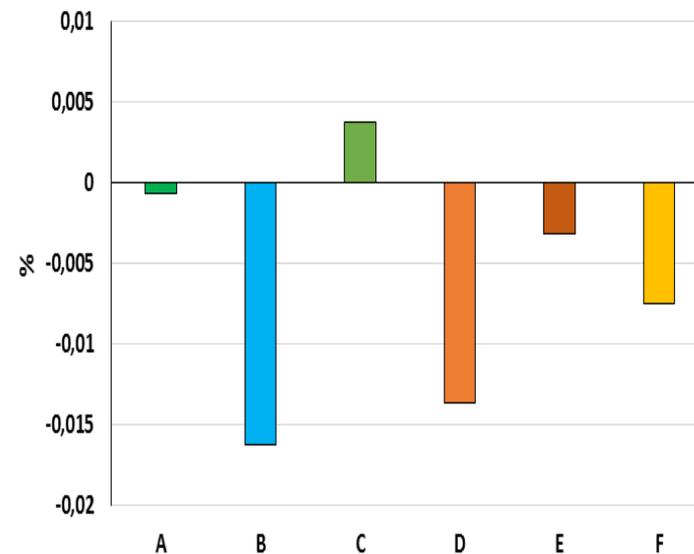


Photo du 07/04/14

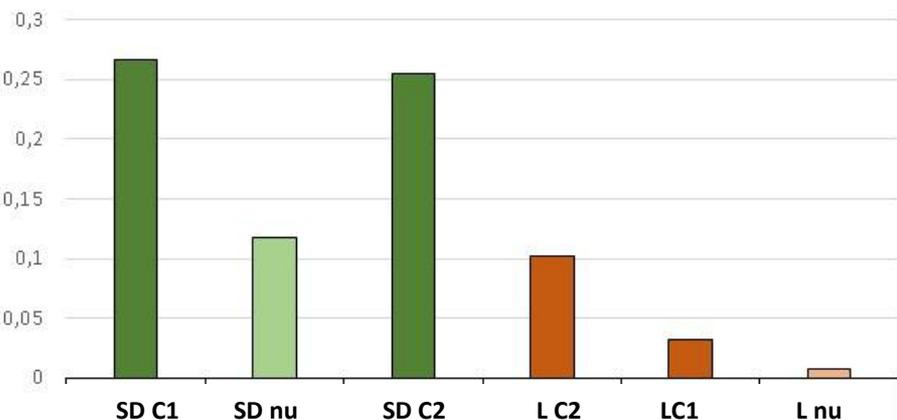
Photo du 07/04/14

**Évolution MO: stockage carbone et azote organique**

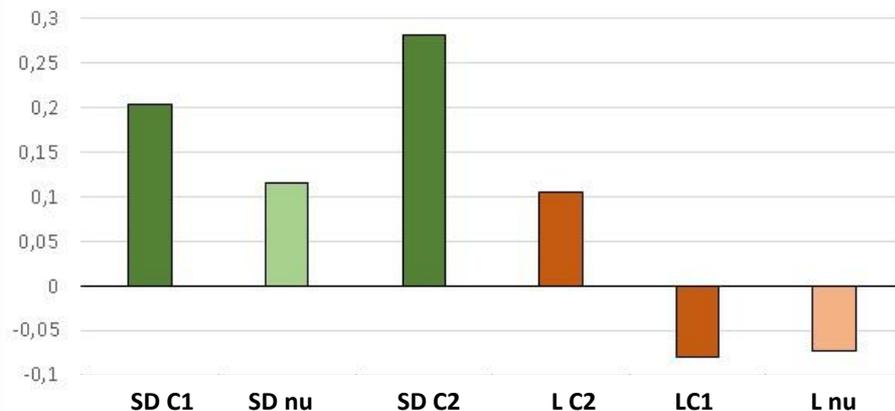
**NO****NX****delta N total (%) 0-50 cm - LIGNES 345 - NO****delta N total (%) 0-50 cm - LIGNES 345 - NX**

## Horizon superficiel 0-10 cm

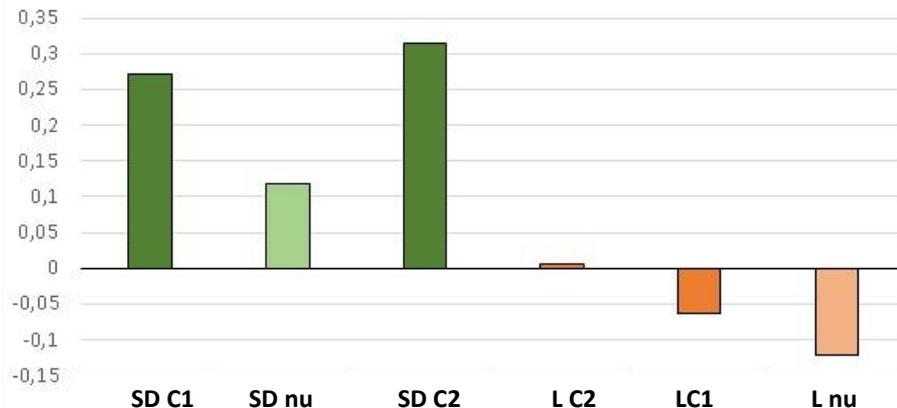
NO (%C) h1



Nx-25 (%C) h1



Nx (%C) h1



**Rôle négatif de l'azote sur stockage C  
uniquement en labour**



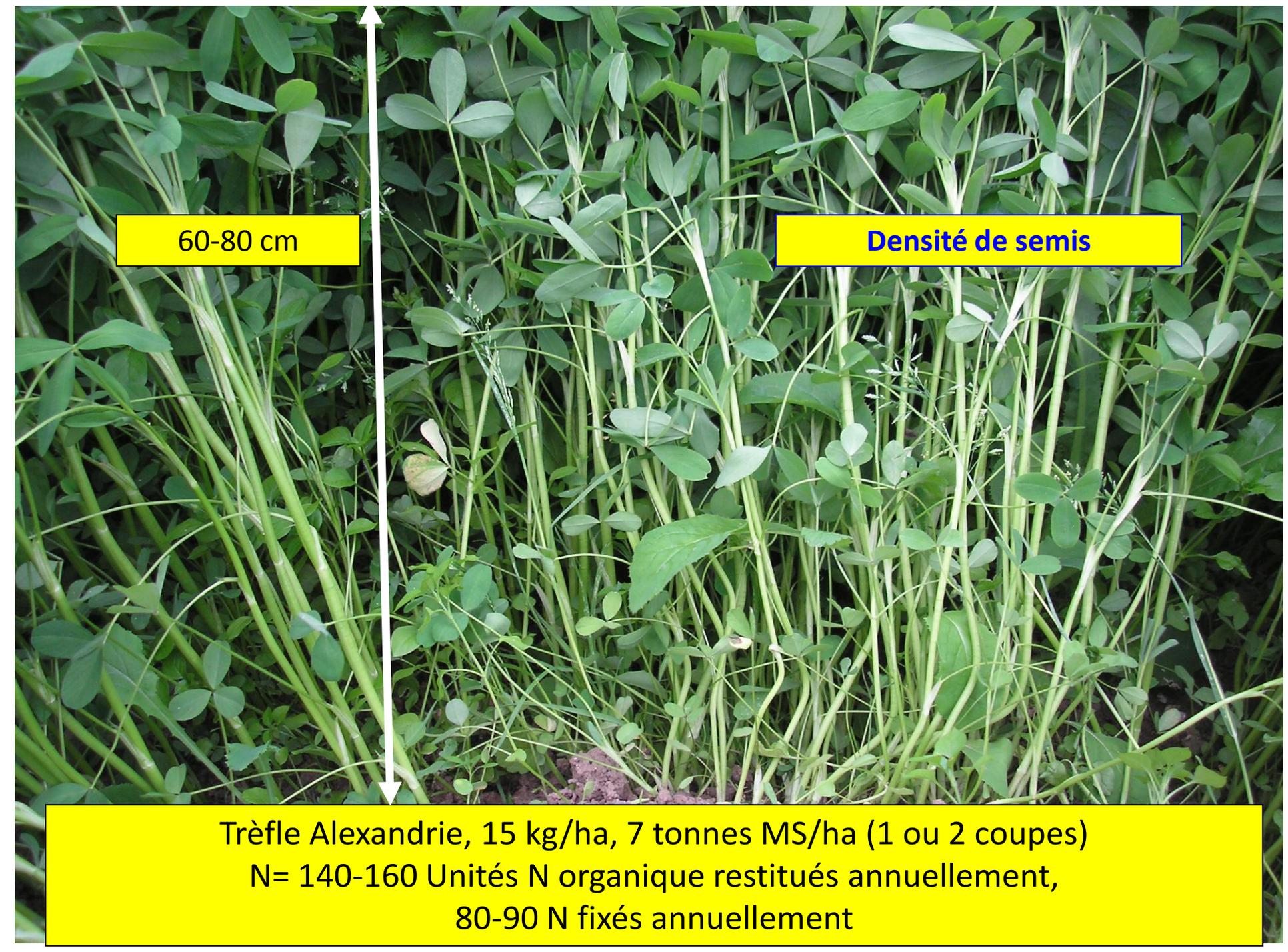
**C'est pourquoi il faut remplacer  
progressivement les engrais azotés par  
l'azote issu des légumineuses**

C'est pourquoi il faut remplacer azote minéral par azote biologique:



fèverole + trèfle + vesce (ou pois fourragers, lentille) + phacélie, lin avoine

La fèverole étant sensible au botrytis et anthracnose en climat océanique (bordure maritime et grand ouest-France; intéressant en zone continentale (Grand-Est car pas de maladies)



60-80 cm

Densité de semis

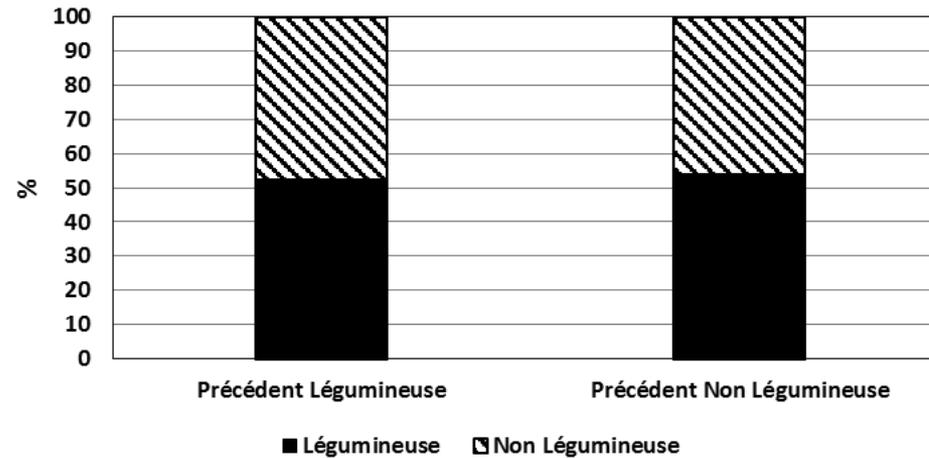
Trèfle Alexandrie, 15 kg/ha, 7 tonnes MS/ha (1 ou 2 coupes)  
N= 140-160 Unités N organique restitués annuellement,  
80-90 N fixés annuellement



**Lupin + Fèverole à haute densité**  
**= 150 U**  
variétés printemps  
Variétés hiver

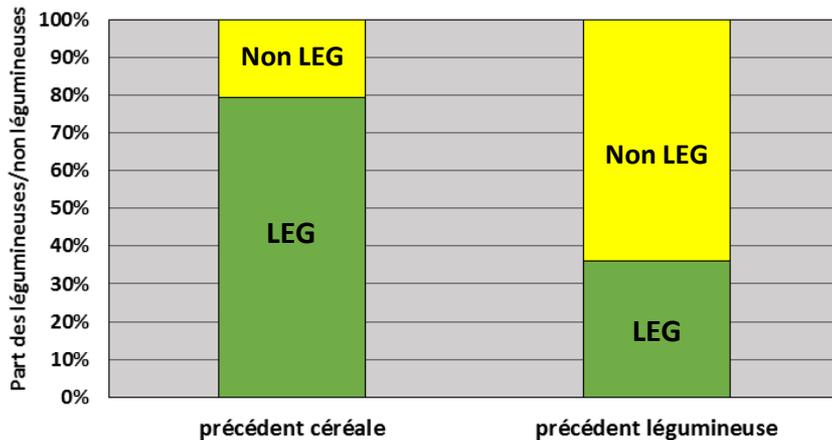
## Influence du précédent en 2014 sur le nombre de plantes/m<sup>2</sup>

Pourcentage du nombre de plantes Légumineuses et non Légumineuses par m<sup>2</sup> dans le couvert en fonction du précédent

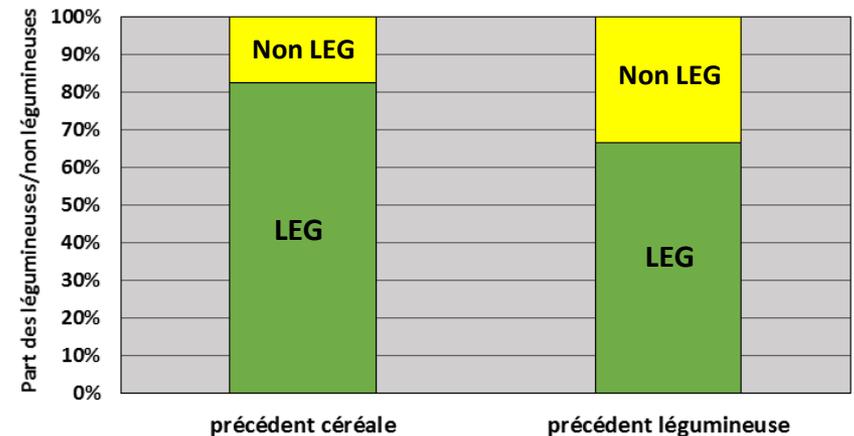


## Nombre de plantes LEG/NON LEG identiques selon précédent

2013



2014

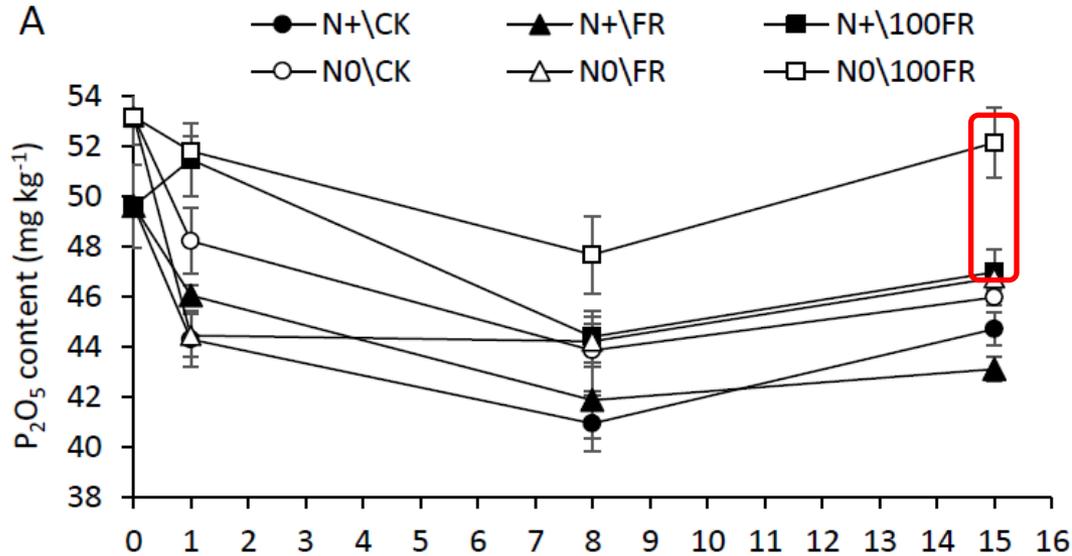


## Influence du précédent culturel sur la biomasse LEG/NON LEG du couvert

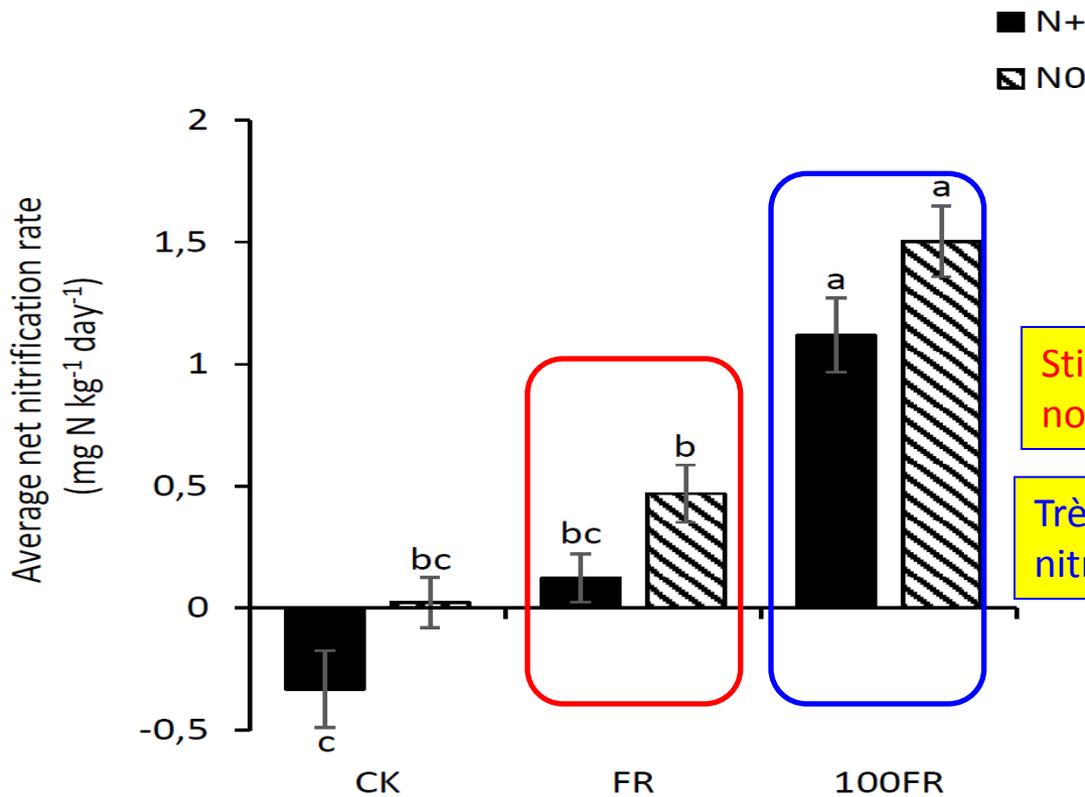
## Arrière effet des couverts végétaux sur productivité du blé (effet système)

					rdt obtenu en CT	rdt théorique (méthode bilan)
		rdt obtenu par dose N appliqué par système de culture				
		NTCC (a)	CTCC (b)	NT ©	CT (d)	
Expert	No 2014	24	25	19	22	
	No 2015	25	35	23	25	
	Nx -25% 2014	81	85	64	84	72
	Nx -25% 2015	101	76	89	76	75,25
	Nx 2014	90	100	90	84	96
	Nx 2015	118	110	115	92	101
	différentiel 2014	6	16	6	-12	
	différentiel 2015	26	18	23	-9	
		+ 16	+ 17	+ 14,5	- 10,5	
exemple : -12= 84 (rdt CT Nx 2014) - 96 (rdt théorique)						
exemple 26 = 118( rdt 2015 Nx NTCC)- 92 (rdt obtenu en CT Nx 2015						
exemple 16 = 100 (rdt Nx CTCC 2014) -84 (rdt obtenu en CTNX 2014)						

A



Dose forte augmente teneur en P du sol



Stimulation de la nitrification en dose normale round-up (NH<sub>4</sub> → NO<sub>3</sub>)

Très forte stimulation de la nitrification en dose 100 round-up

## PLANTE

- \* BIOMASSE
- \* PHOTOSYNTHESE, CHLOROPHYLLE
- \* SUCRES, AMIDON
- \* ACIDES AMINES, AMMONIUM
- \* C/N, N<sup>15</sup>



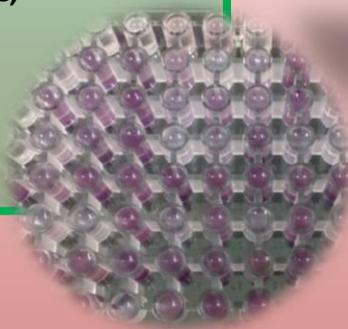
## PUCERON

- \* TAUX DE SURVIE
- \* POIDS
- \* C/N

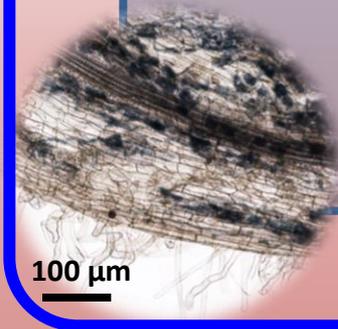


- \* pH, HUMIDITE, CEC, C/N, N<sup>15</sup>, P, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- \* CLPP
- \* DH, PAL

## SOL

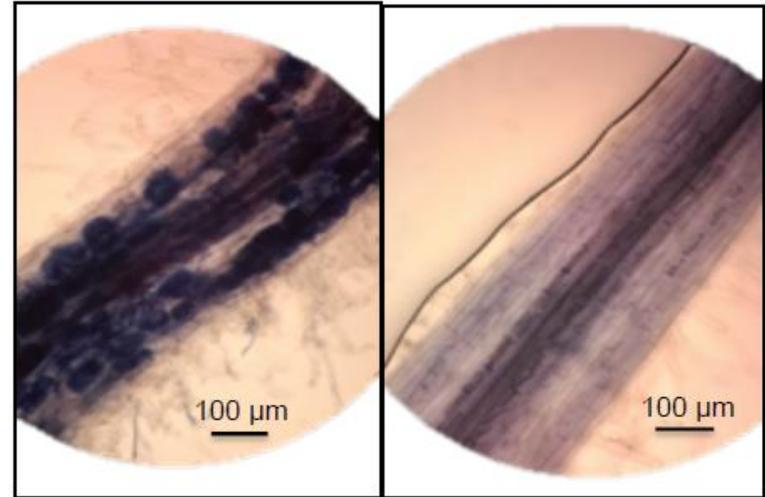
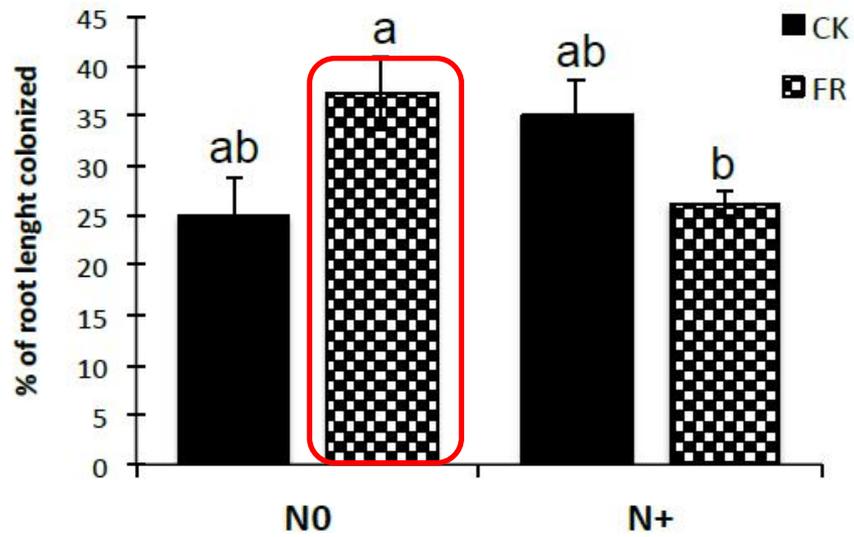


- \* TAUX COLONISATION



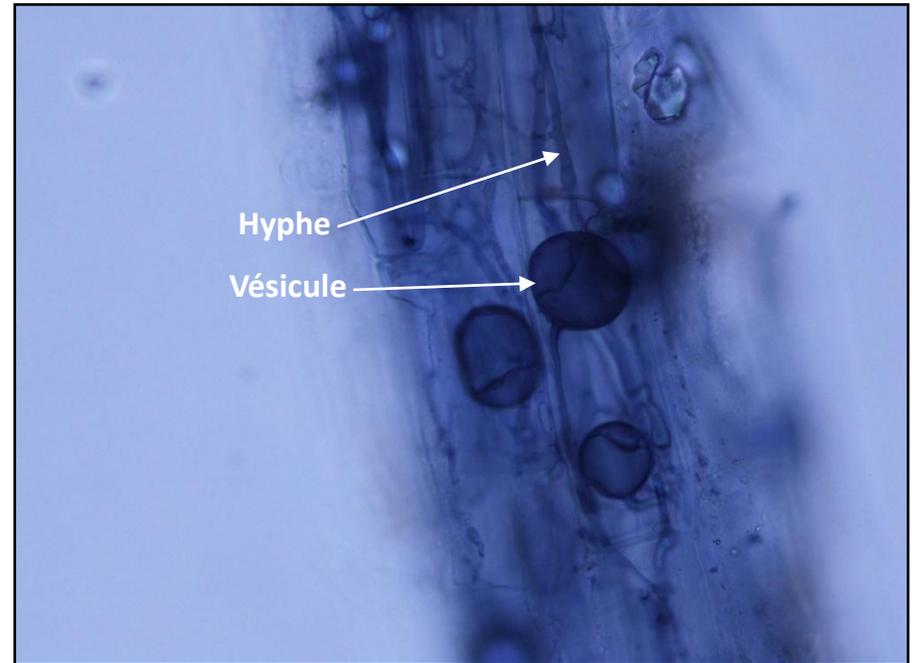
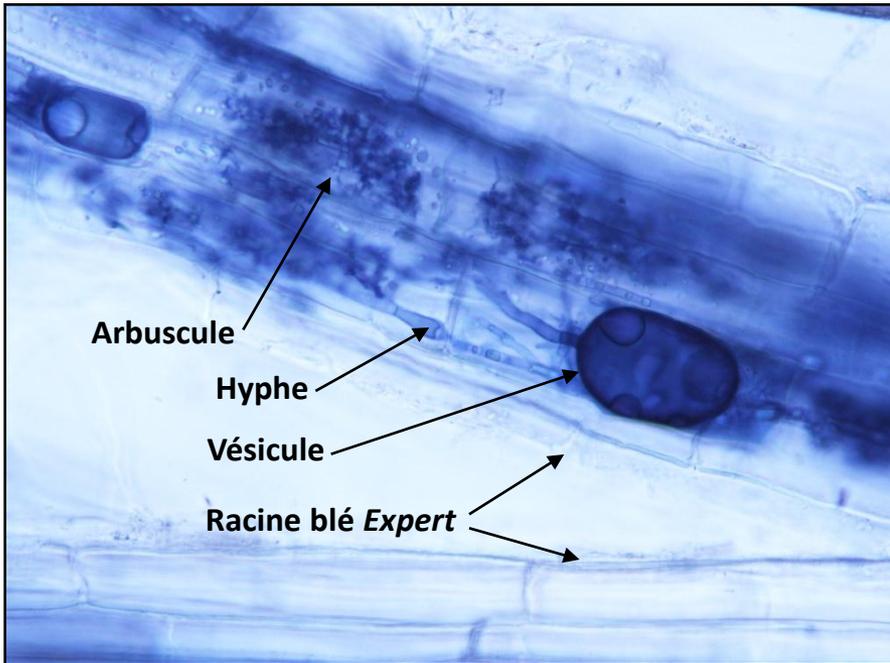
## MYCCORHIZE

(A)

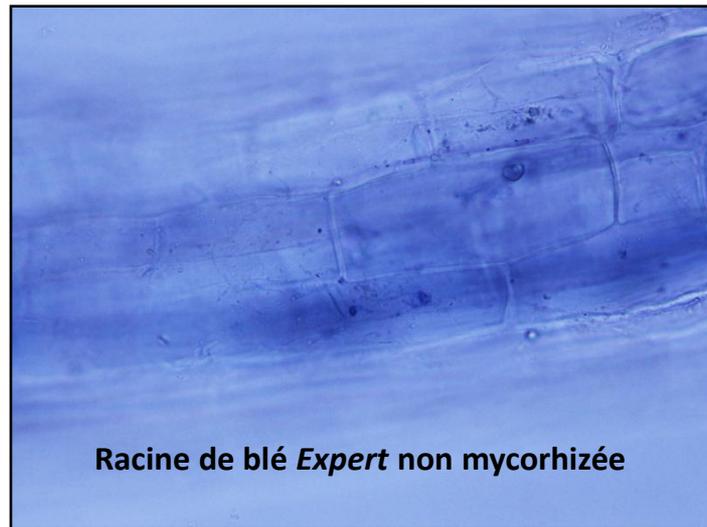


Pas d'effet round-up seul sur taux de mycorhization du haricot en No  
Effet azote négatif sur taux de mycorhization du haricot en Nx

**Mycorhization du blé intensif *Expert* affectée par le travail du sol et la fertilisation azotée**  
*Conséquences sur la nutrition N?*

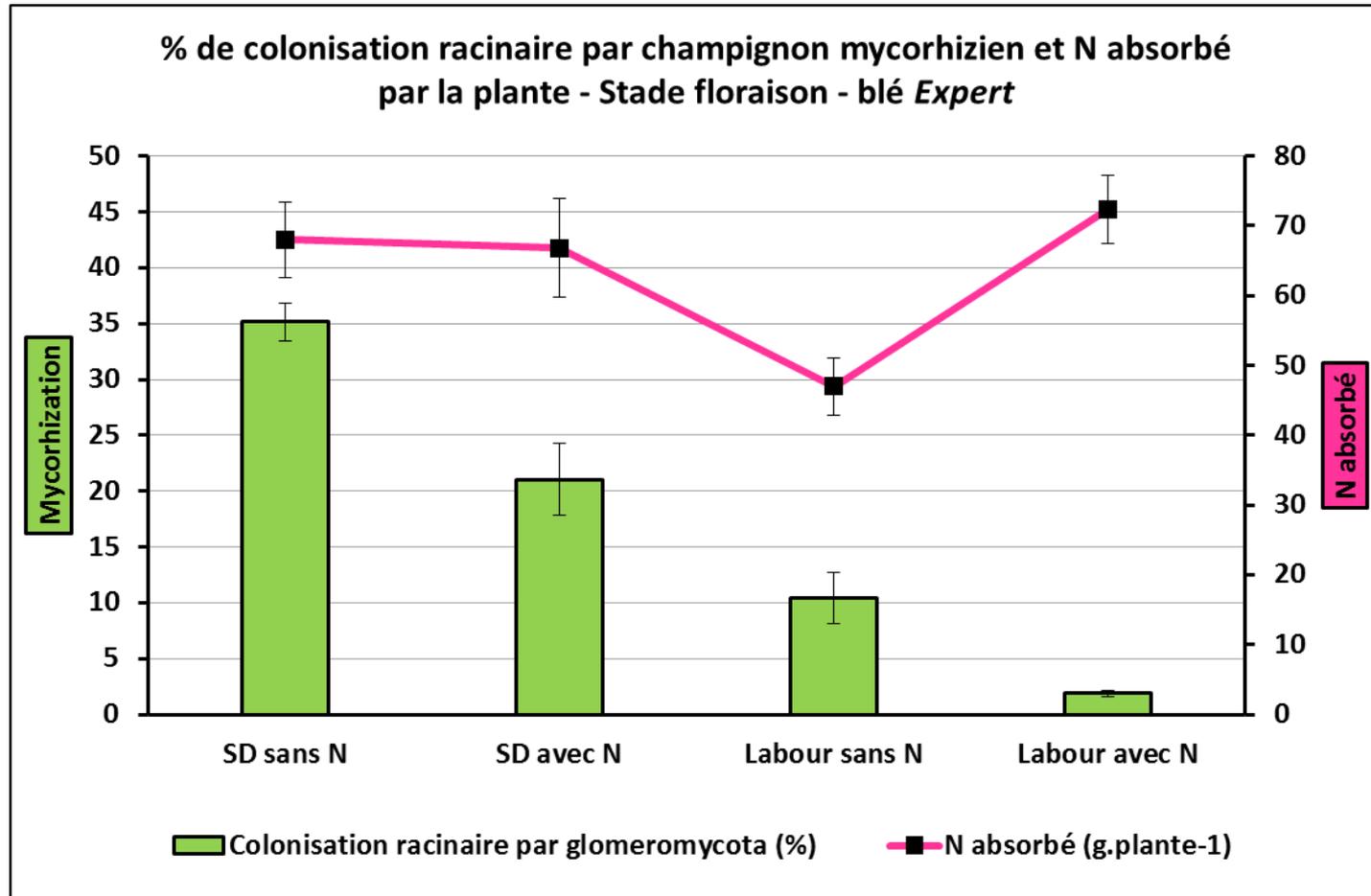


Aux champs

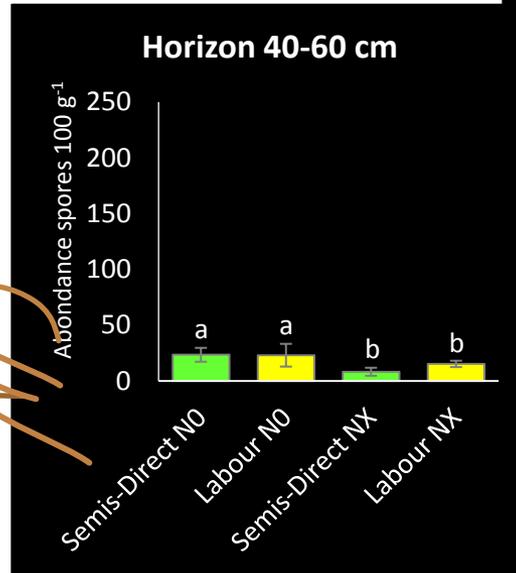
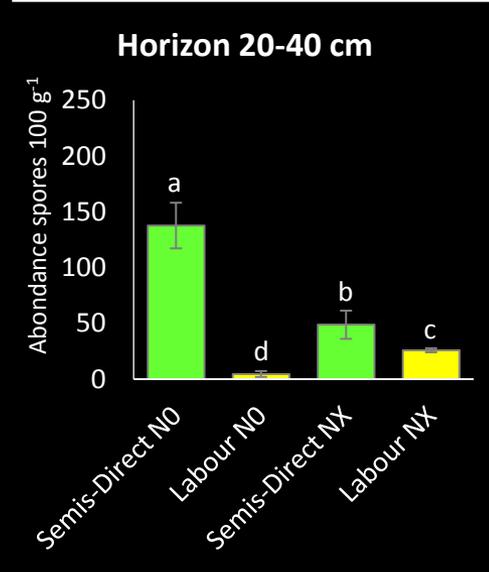
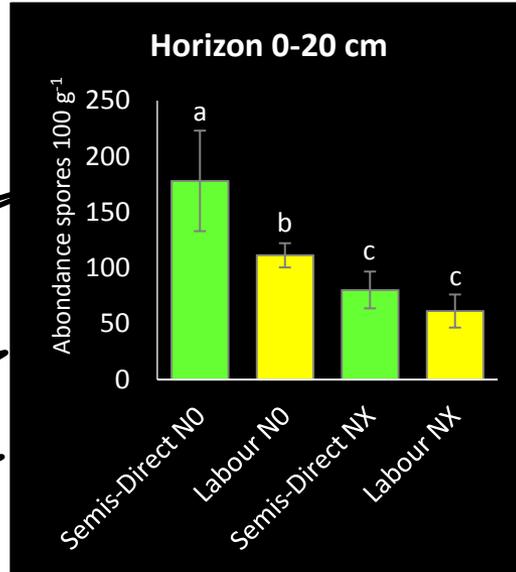


# Mycorhization du blé intensif *Expert* affectée par le travail du sol et la fertilisation azotée

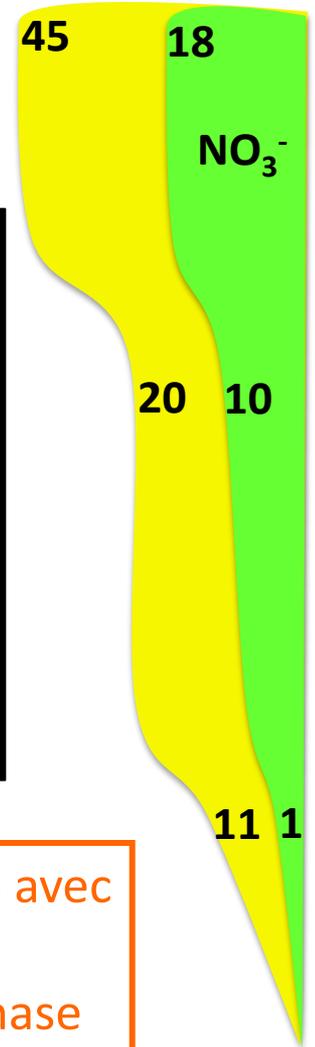
## Conséquences sur la nutrition N?



# Stock de spores de champignons mycorhiziens dans le sol



Reliquats N/  
Profondeur



Cf. corrélation avec  
activité  
déshydrogénase

## PLANTE

- \* BIOMASSE
- \* PHOTOSYNTHESE,  
CHLOROPHYLLE
- \* SUCRES, AMIDON
- \* ACIDES AMINES, AMMONIUM
- \* C/N, N<sup>15</sup>



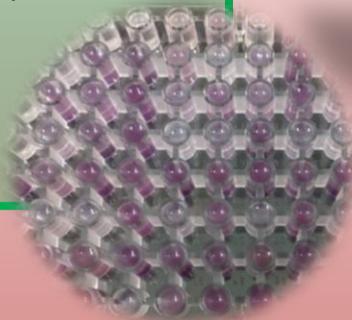
## PUCERON

- \* TAUX DE SURVIE
- \* POIDS
- \* C/N

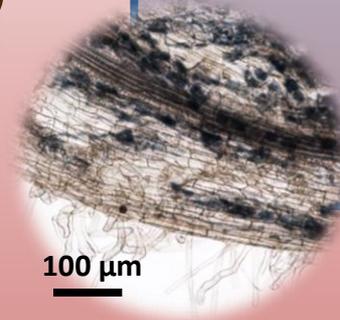


- \* pH, HUMIDITE, CEC,  
C/N, N<sup>15</sup>, P, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- \* CLPP
- \* DH, PAL

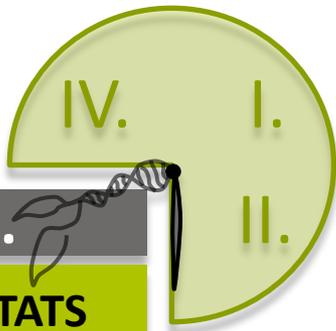
## SOL



- \* TAUX COLONISATION



## MYCCORHIZE



III.  
**RÉSULTATS**  
**DISCUSSION**

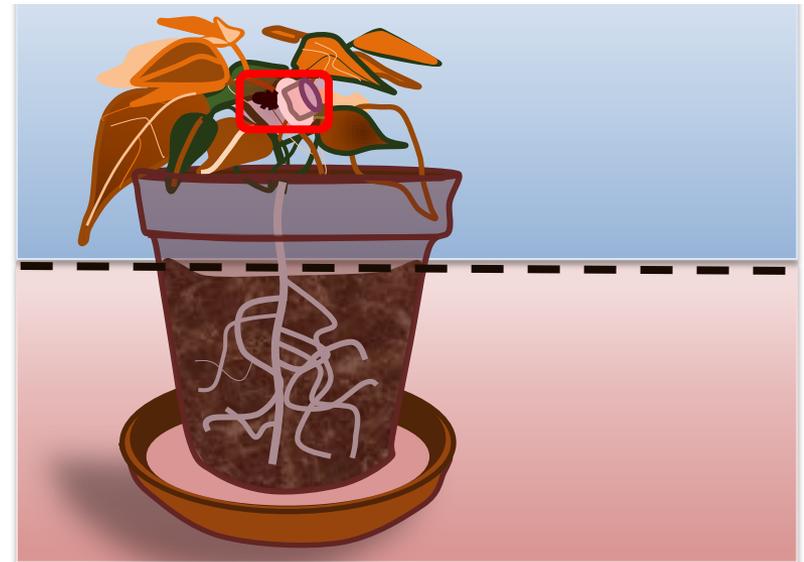
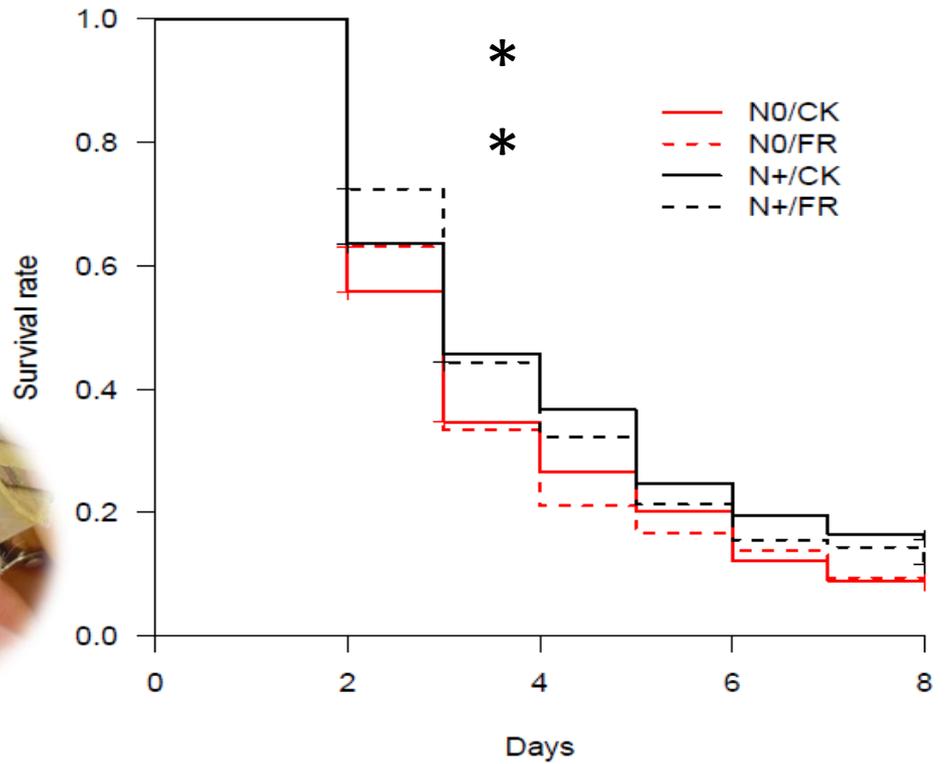
## PUCERON

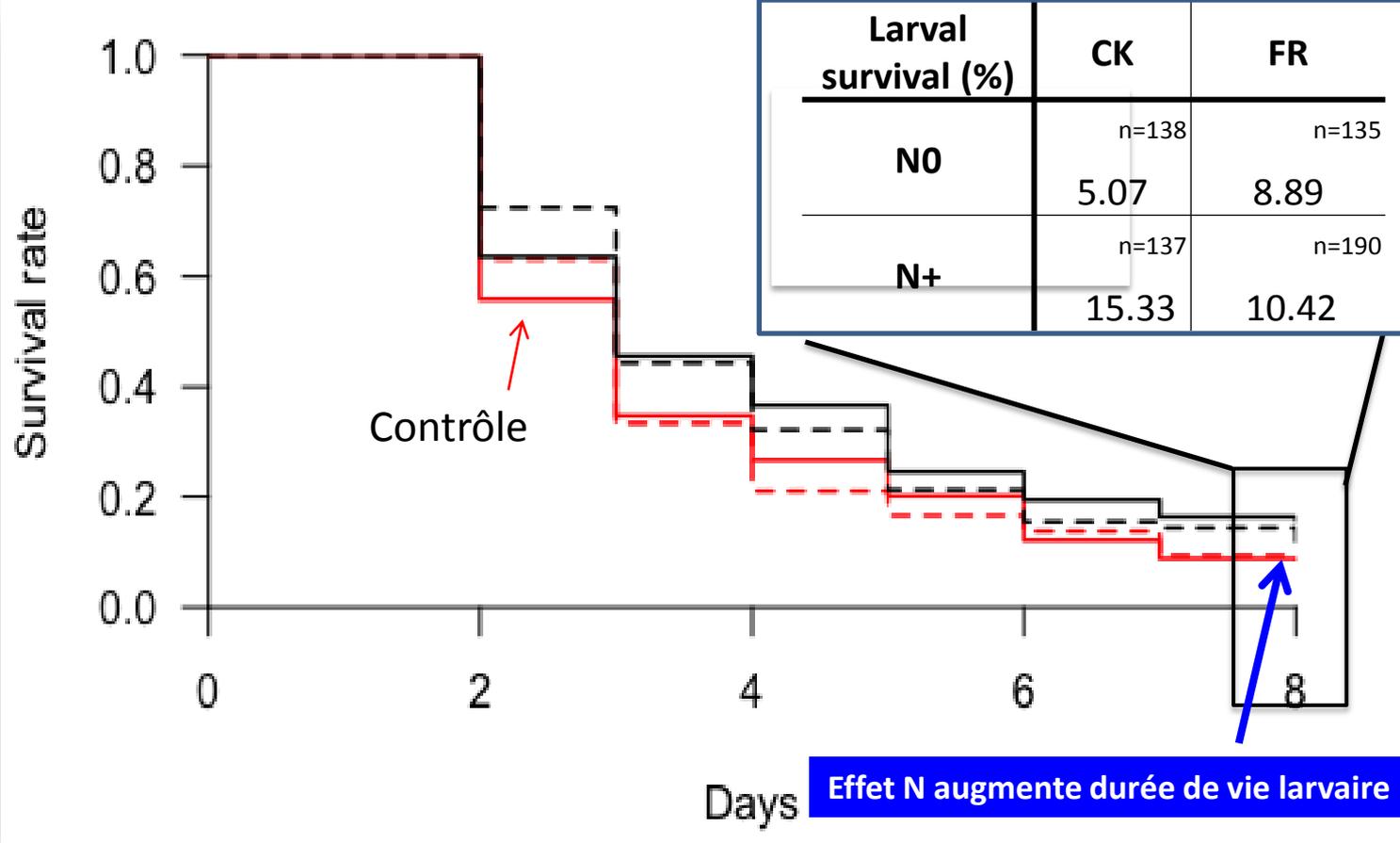
N+ > N0



*A. Fabae* : parasite de nombreuses plantes, dégâts : affaiblissement, viroses, fletrissement et avortement des organes (Leclant, 1981)

N favorise la survie larvaire





**Fig.2.** *A.* Effect of N fertilization and Glyphosate on survival rate of larval aphids (*Aphis fabae*) depending on the number of days following bean infestation. Cox model representing the effect of N fertilization was significantly different according to ANOVA test ( $p < 0.01$ ). *B.* Table of larval survival (%) after 8 days of infection on the plant. Values are means ( $n = 160 \pm 30$ ).



## PLANTE

- \* BIOMASSE
- \* PHOTOSYNTHESE,  
CHLOROPHYLLE
- \* SUCRES, AMIDON
- \* ACIDES AMINES, AMMONIUM
- \* C/N, N<sup>15</sup>



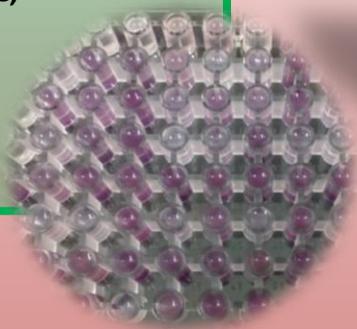
## PUCERON

- \* TAUX DE SURVIE
- \* POIDS
- \* C/N

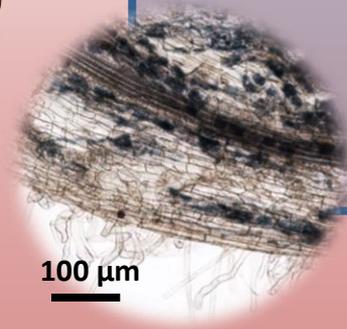


- \* pH, HUMIDITE, CEC,  
C/N, N<sup>15</sup>, P, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- \* CLPP
- \* DH, PAL

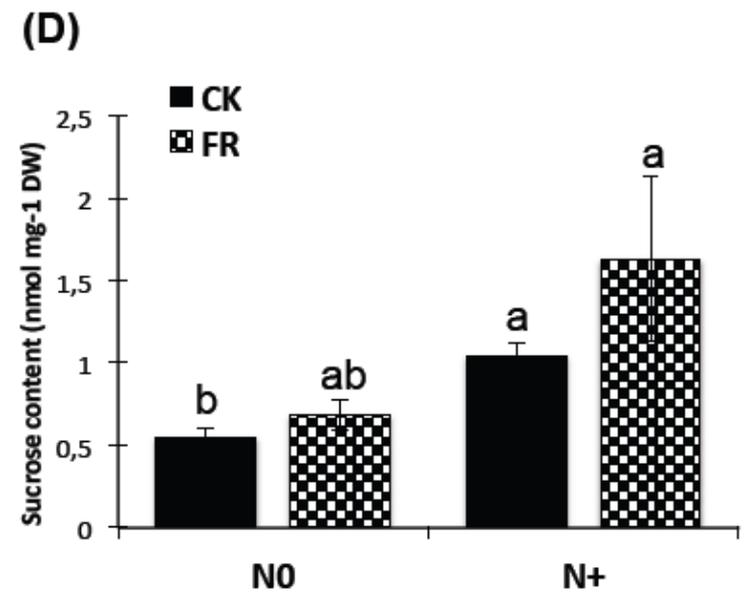
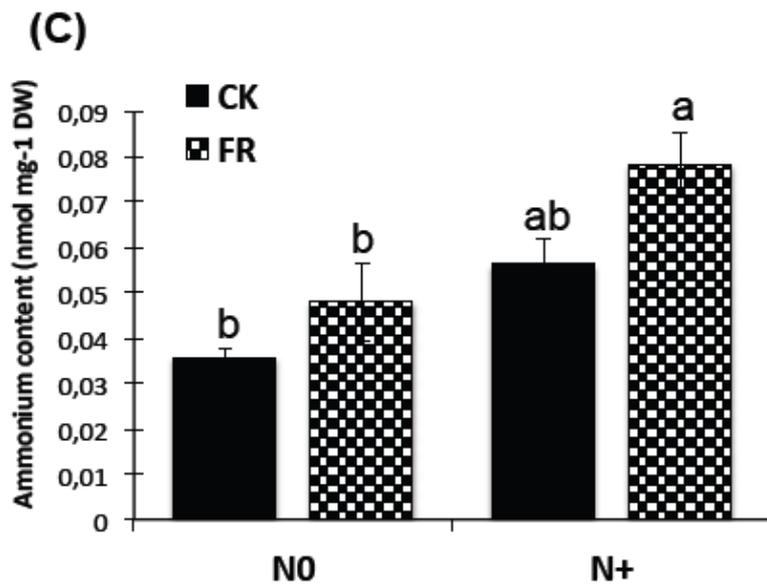
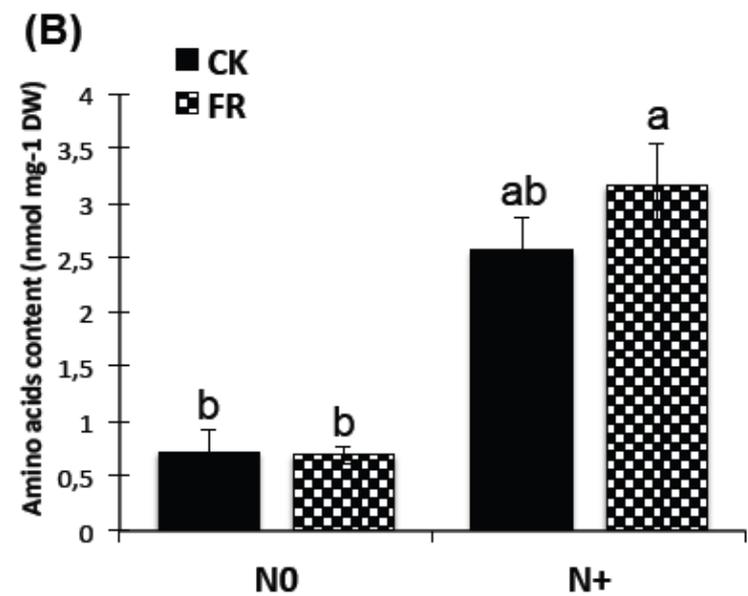
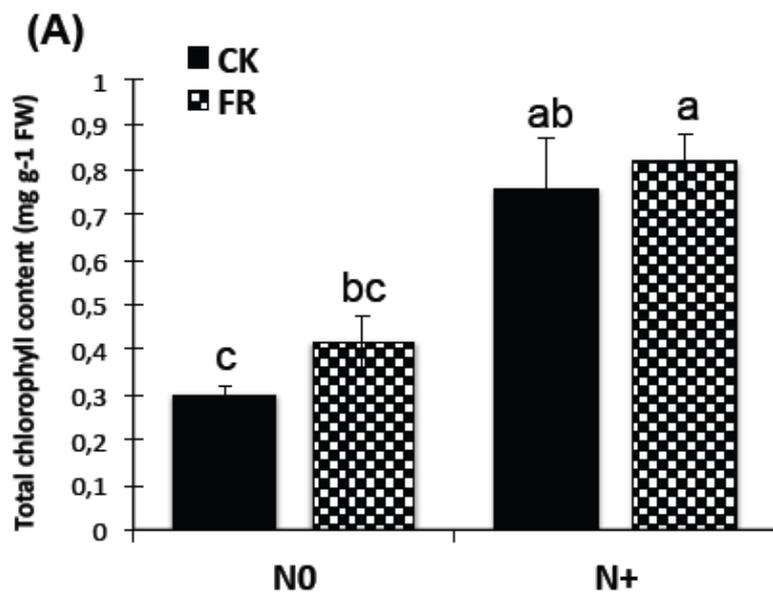
## SOL



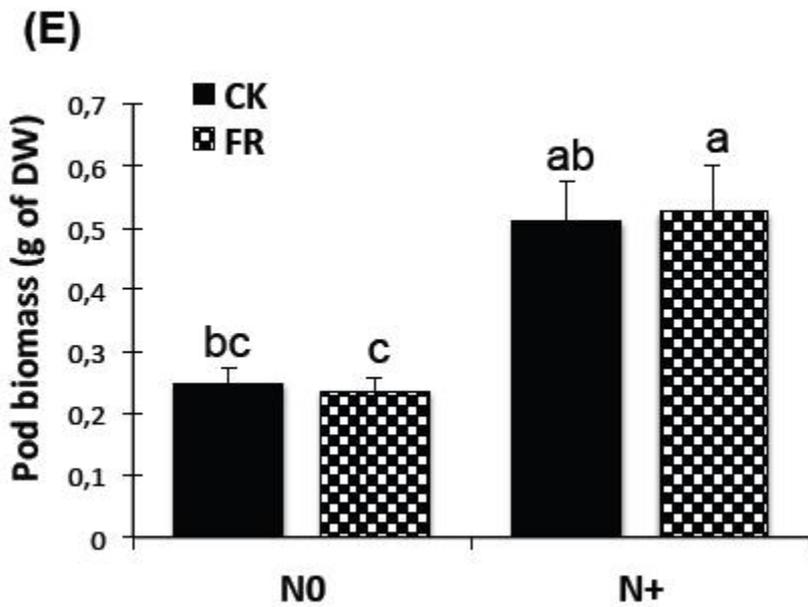
- \* TAUX COLONISATION



## MYCCORHIZE

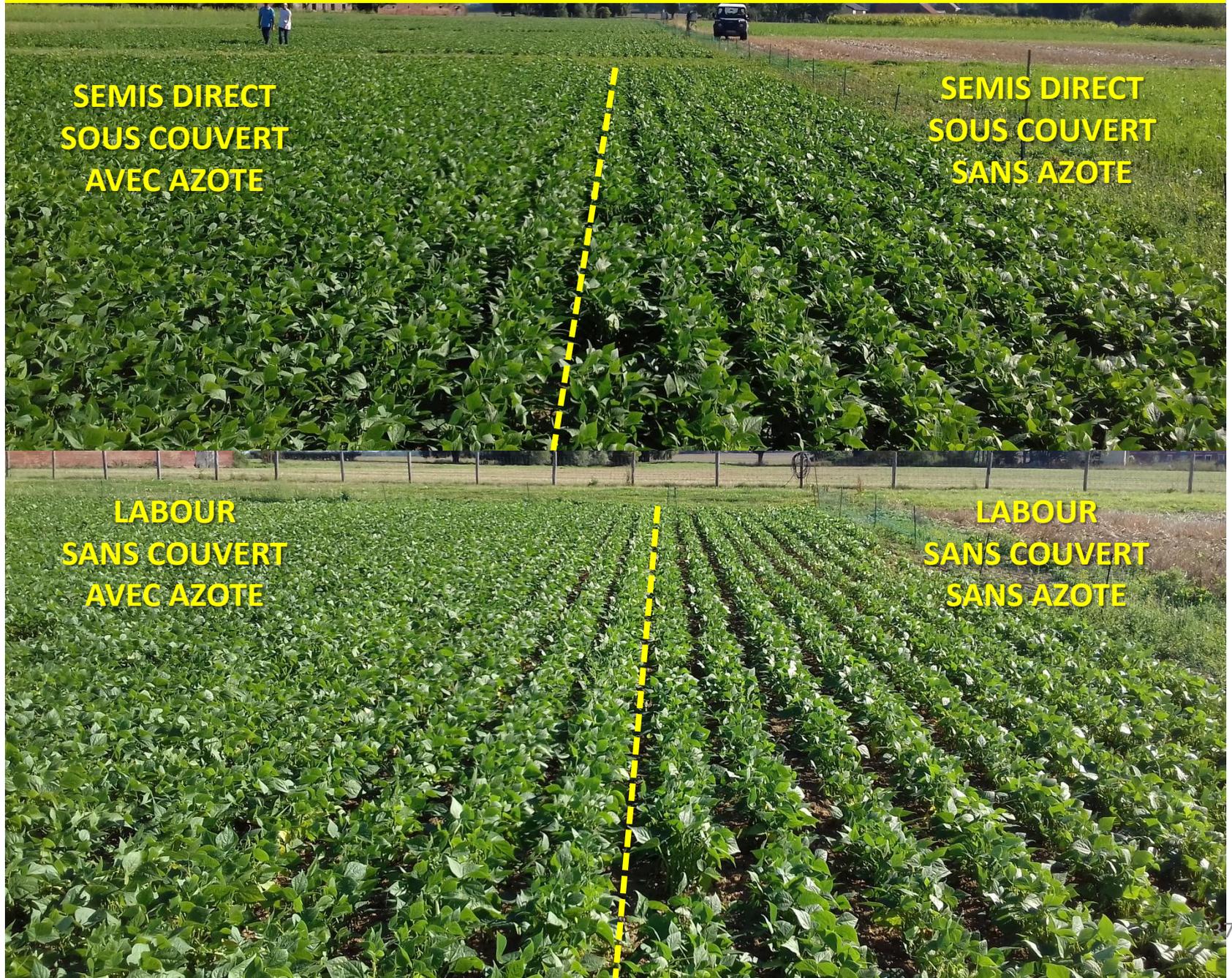


Effet positif round-up sur la physiologie de la nutrition mais non significatif dans les conditions d'expérimentations



Pas d'effet glyphosate sur la production de haricot en pot

# Aux champs HARICOT VERT 2016



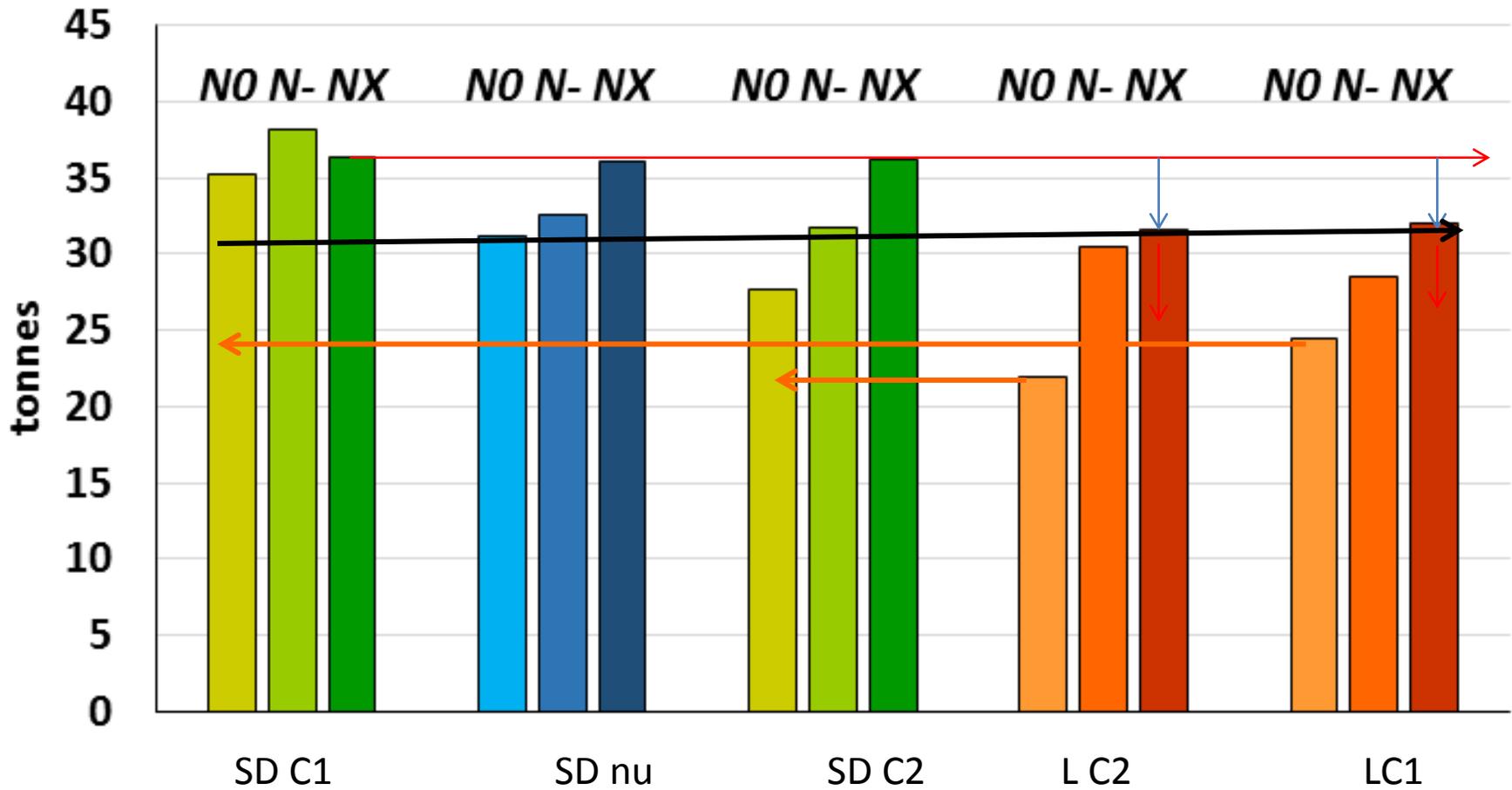
**SEMIS DIRECT  
SOUS COUVERT  
AVEC AZOTE**

**SEMIS DIRECT  
SOUS COUVERT  
SANS AZOTE**

**LABOUR  
SANS COUVERT  
AVEC AZOTE**

**LABOUR  
SANS COUVERT  
SANS AZOTE**

## Cumul de rendement haricot 2014+2015



Écart de rendement significatif entre semis direct couvert (SDC) et labour couvert (LC) en mode Nx;  
Gain de 2-3 tonnes haricot/ha en SDC/LC

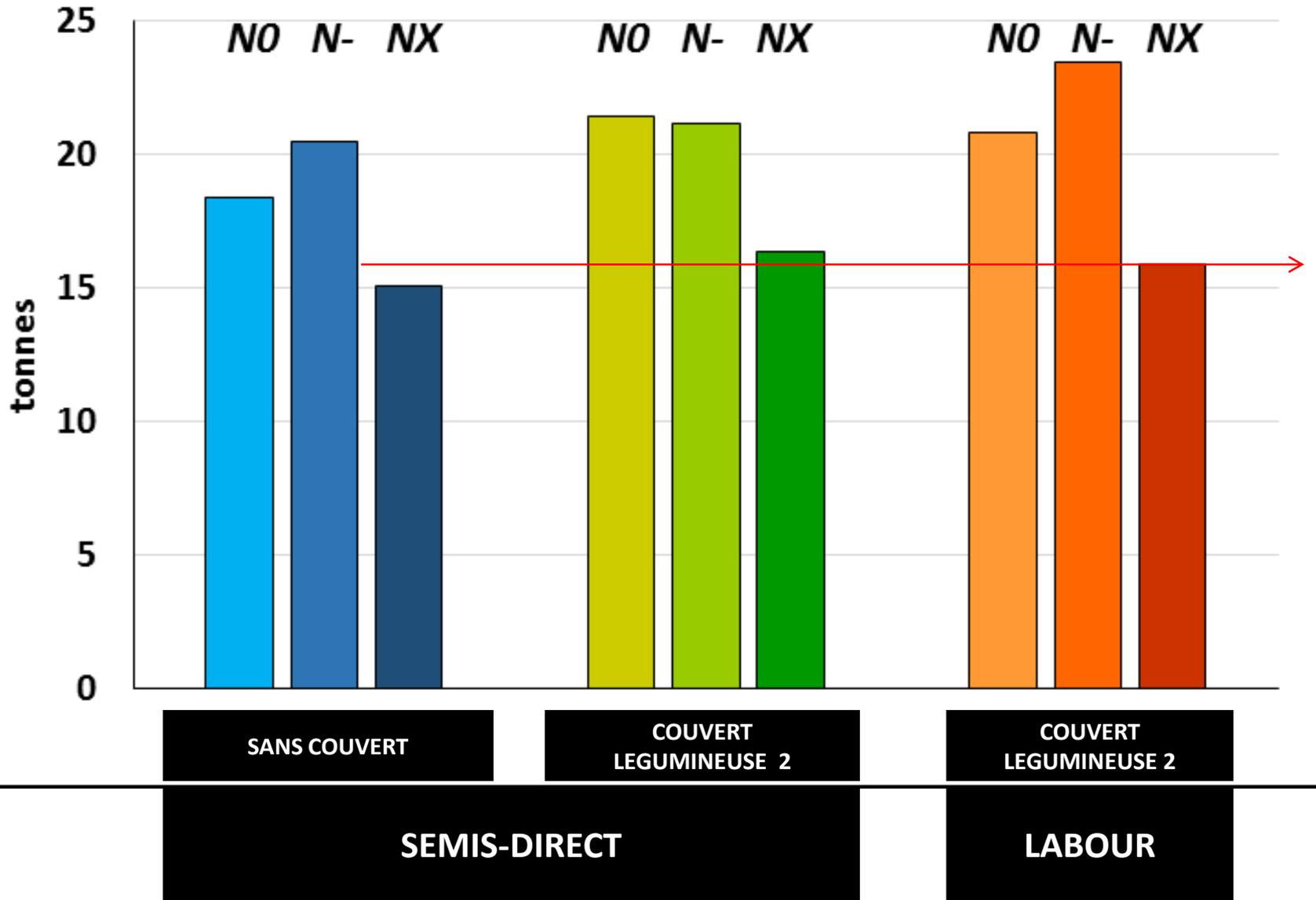
Écart de rendement significatif entre SDC et LC en No: sans azote le labour décroche fortement.



**Photos pois 2015**



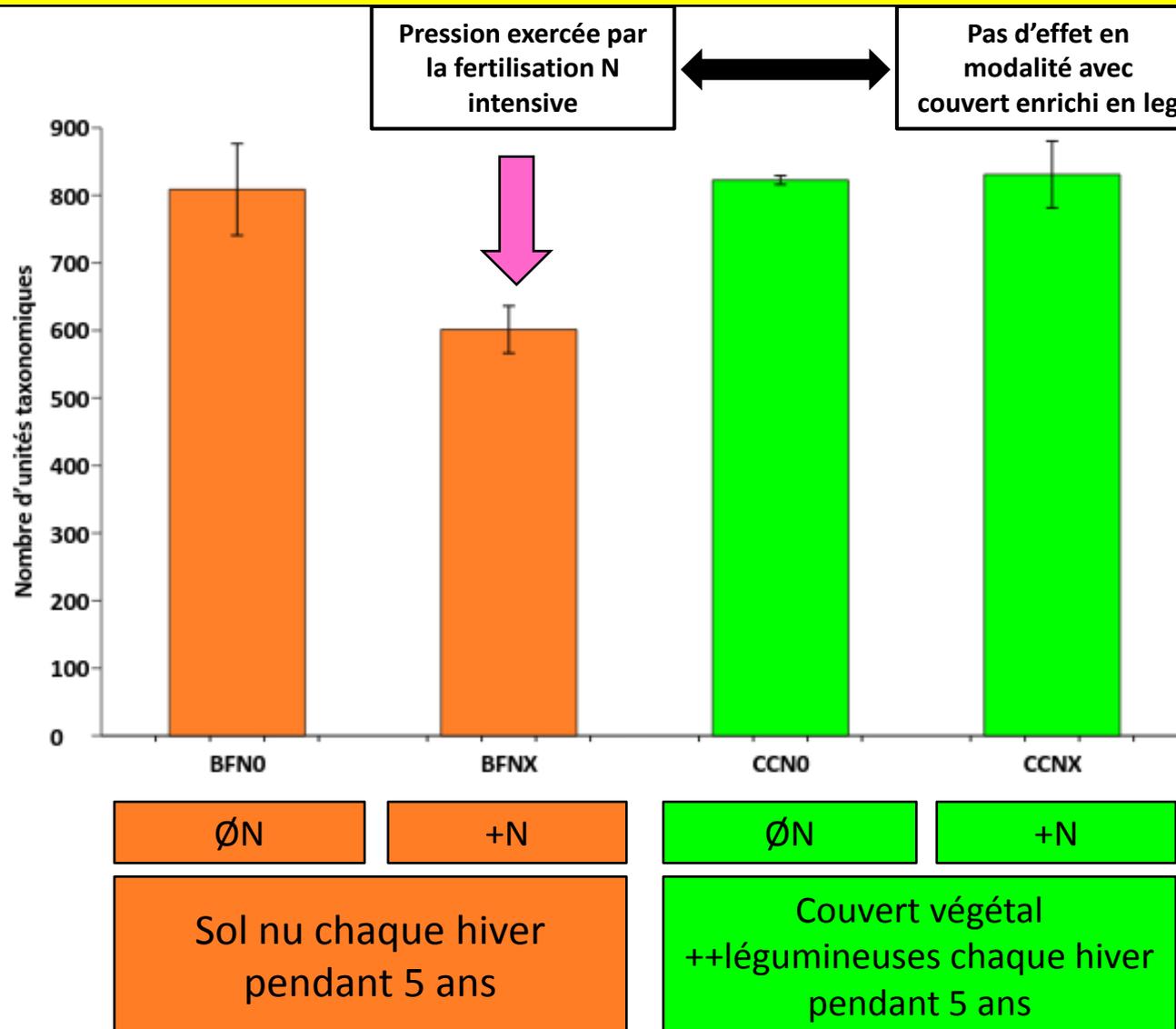
## Cumul de rendement pois 2014+2015



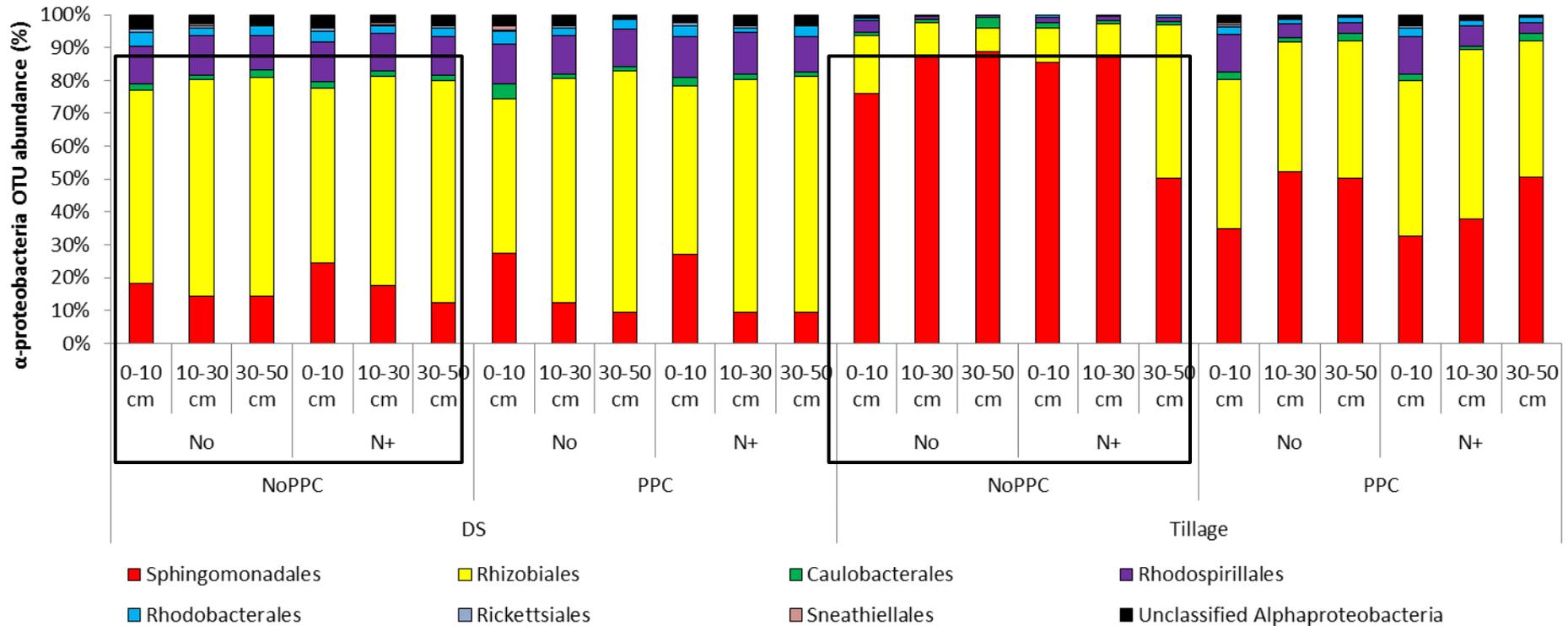
Effet négatif de la fertilisation azotée de longue durée sur productivité du pois

# Aux champs

*Etude spécifique en système labour : La Biodiversité taxonomique bactérienne est affectée par la fertilisation azotée de synthèse en condition de sol nu uniquement*

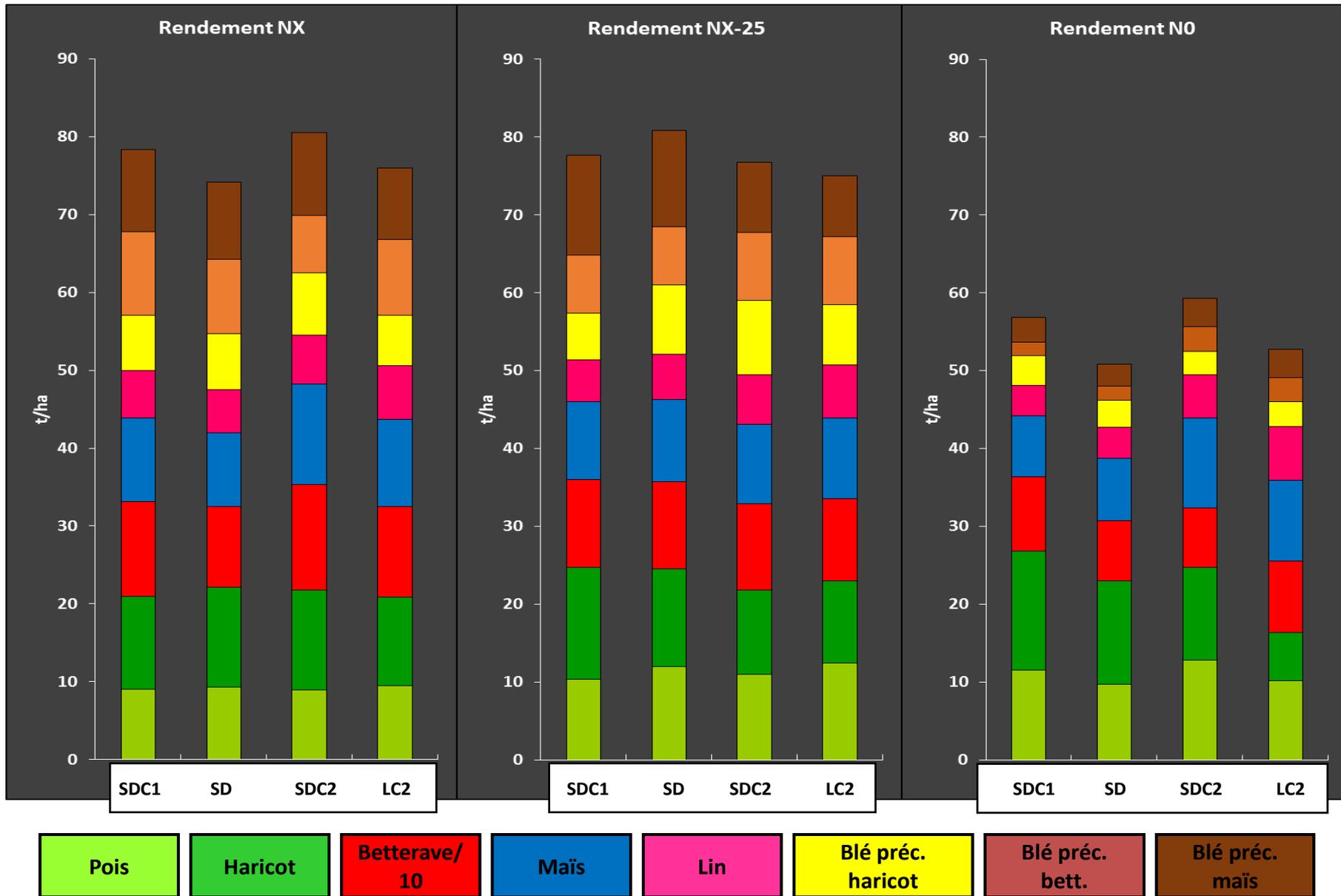


# Rôle du non-travail du sol et des couverts végétaux sur l' Abondance des rhizobiales (en fonction des système de cultures)



- Le couvert végétal et surtout la pratique du semis-direct induit une modification dans la structure des  **$\alpha$ -proteobacteria**.
- Le semis-direct associé ou non à la couverture végétale favorise le développement des **Rhizobiales** (en jaune) avec principalement le genre **Rhodoplanes** (fixation d'azote symbiotique + fixation d'azote libre).
- En labour, les sphingomonadales (en rouge) augmentent au détriment des rhizobiacées fixatrice d'azote.
- En labour sans couvert, les rhizobiales sont nettement diminuées. La couverture végétale en labour limite leur diminution

# Rendement cumulé par système de culture 2014 (t/ha MS)

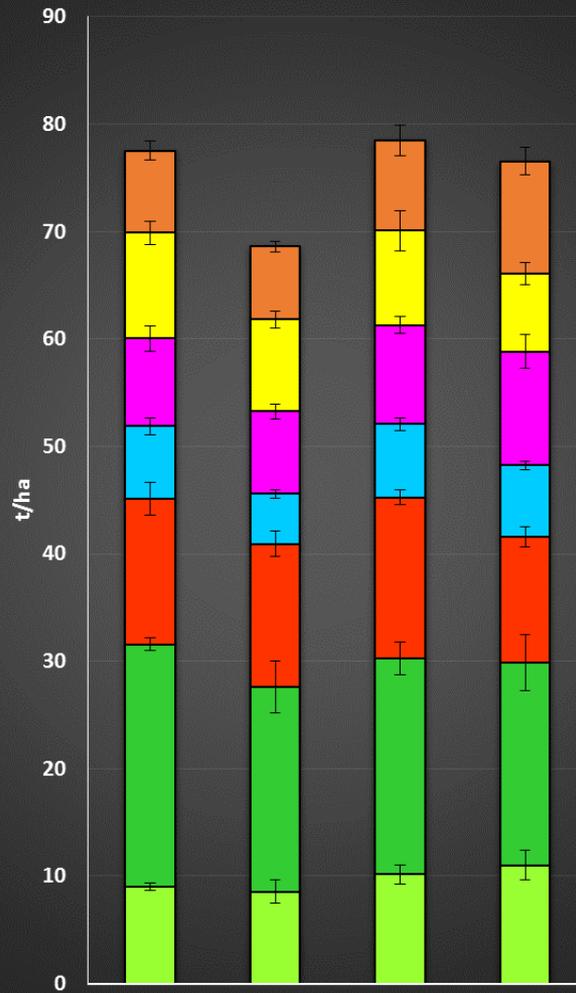


# Productivité cumulée par système de culture 2015

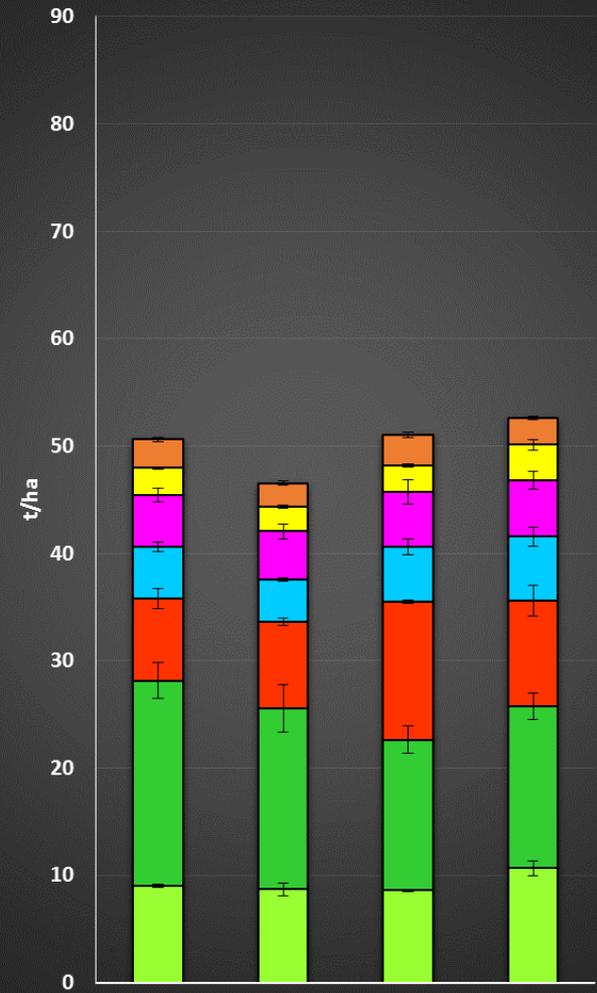
## Rendement NX



## Rendement NX-25



## Rendement N0



pois

haricot

Betterave/10

Blé alternatif

Blé préc.  
haricot

Blé préc. bett

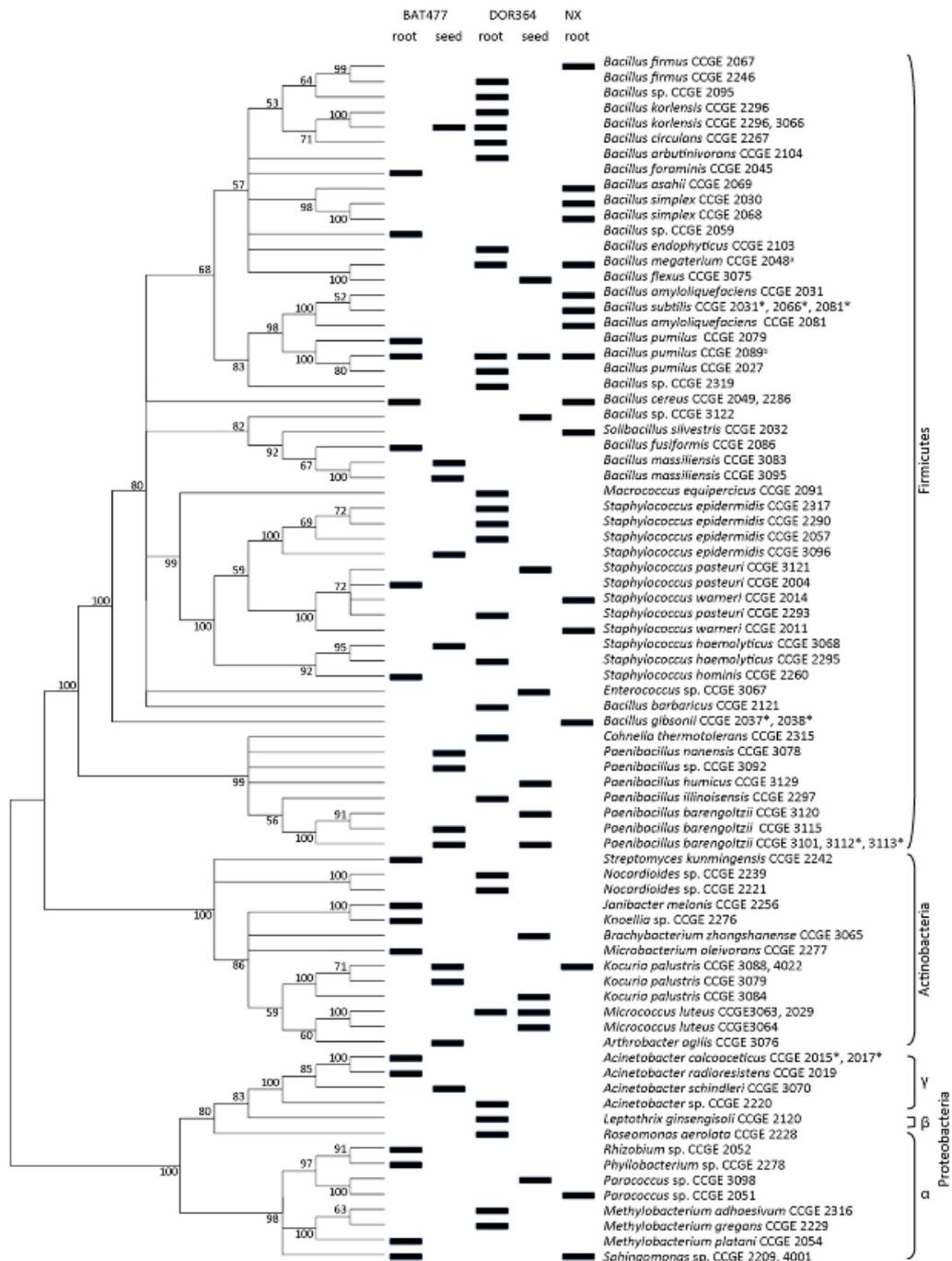
Blé préc. maïs

## Minireview

# Bacterial seed endophytes: genera, vertical transmission and interaction with plants

**Sascha Truyens, Nele Weyens, Ann Cuypers and  
Jaco Vangronsveld\***

Environmental Biology, Hasselt University, Agoralaan  
Building D, Diepenbeek 3590, Belgium.



Endophytes haricot contenus dans la graine et dans la plante en culture

50 espèces microbiennes différentes

## Fungal endophytes in germinated seeds of the common bean, *Phaseolus vulgaris*

[Soroush Parsa](#),<sup>a,b,1</sup> [Adriana M. García-Lemos](#),<sup>b,1</sup> [Katherine Castillo](#),<sup>b</sup> [Viviana Ortiz](#),<sup>b</sup> [Luis Augusto Becerra López-Lavalle](#),<sup>b</sup> [Jerome Braun](#),<sup>c</sup> and [Fernando E. Vega](#)<sup>d,\*</sup>

[Author information](#) ► [Article notes](#) ► [Copyright and License information](#) ►

### Abstract

Go to:

We conducted a survey of fungal endophytes in 582 germinated seeds belonging to 11 Colombian cultivars of the common bean (*Phaseolus vulgaris*). The survey yielded 394 endophytic isolates belonging to 42 taxa, as identified by sequence analysis of the ribosomal DNA internal transcribed spacer (ITS) region. *Aureobasidium pullulans* was the dominant endophyte, isolated from 46.7 % of the samples. Also common were *Fusarium oxysporum*, *Xylaria* sp., and *Cladosporium cladosporioides*, but found in only 13.4 %, 11.7 %, and 7.6 % of seedlings, respectively. Endophytic colonization differed significantly among common bean cultivars and seedling parts, with the highest colonization occurring in the first true leaves of the seedlings.

Table 1. A summary of the reviewed research testing N<sub>2</sub> fixation in maize.

Researcher	Year	Place	Bacteria genera	Method	result	Ndfa %
Raju et al.	1972	USA	Enterobacter	ARA	N'ase activity; difference in foliage color	NA
Buelow & Dobereiner	1975	Brazil	Azospirillum?	ARA	22 x difference in N'ase; max at flowering	NA
Barber et al.	1976	USA	Azospirillum	ARA	Little N'ase or effect on plants	NA
Rennie	1980	Canada	Azospirillum	<sup>15</sup> N dilution	sugary substrate increased fixation	13 to 38%
Ela et al.	1982	USA	Azotobacter	ARA	cultivar effect	NA
Alexander & Zuberer	1989	USA	Azospirillum	ARA	Little N'ase or effect of bacteria on plants	NA
G. de Salamone et al.	1996	Argentina	Azospirillum	<sup>15</sup> N dilution	cultivar effect	up to 58%
El Komy	1998	Egypt	Azospirillum	<sup>15</sup> N dilution	cultivar effect. A. lipoferum > A. brasilense	0 to 35%
Chelius and Triplett	2000	USA	Klebsiella	nifH detection	sugary substrate fostered expression of nifH	NA
Riggs et al	2000	USA	multiple species	growth parameters	yield increases but no relief of N defic.	NA
Montanez et al	2009	Uruguay	indigenous bacteria	<sup>15</sup> N dilution	cultivar effect	0 to 33%
Schwartz	2009	Mexico	indigenous bacteria	<sup>15</sup> N natural abundance	management effects	0 to 98%
Goldstein	2009	USA	Azospirillum	abundance	cultivar effect	0 to 48%
Yamprai et al.	2014	Thailand	Azotobacter & Azospirillum	difference and ARA	substantial N fixation	29 to 52%
Araujo et al	2014	Brazil	Herbaspirillum	NUE	cultivar effect	34, 64%
Guimares et al	2014	Brazil	Herbaspirillum	growth parameters	little effect	NA
Puri	2014	Canada	Paenibacillus	<sup>15</sup> N dilution	fixation.	17%
Cavalcanti et al	2015	Brazil	Herbaspirillum	nat abundance	fixation.	up to 37%