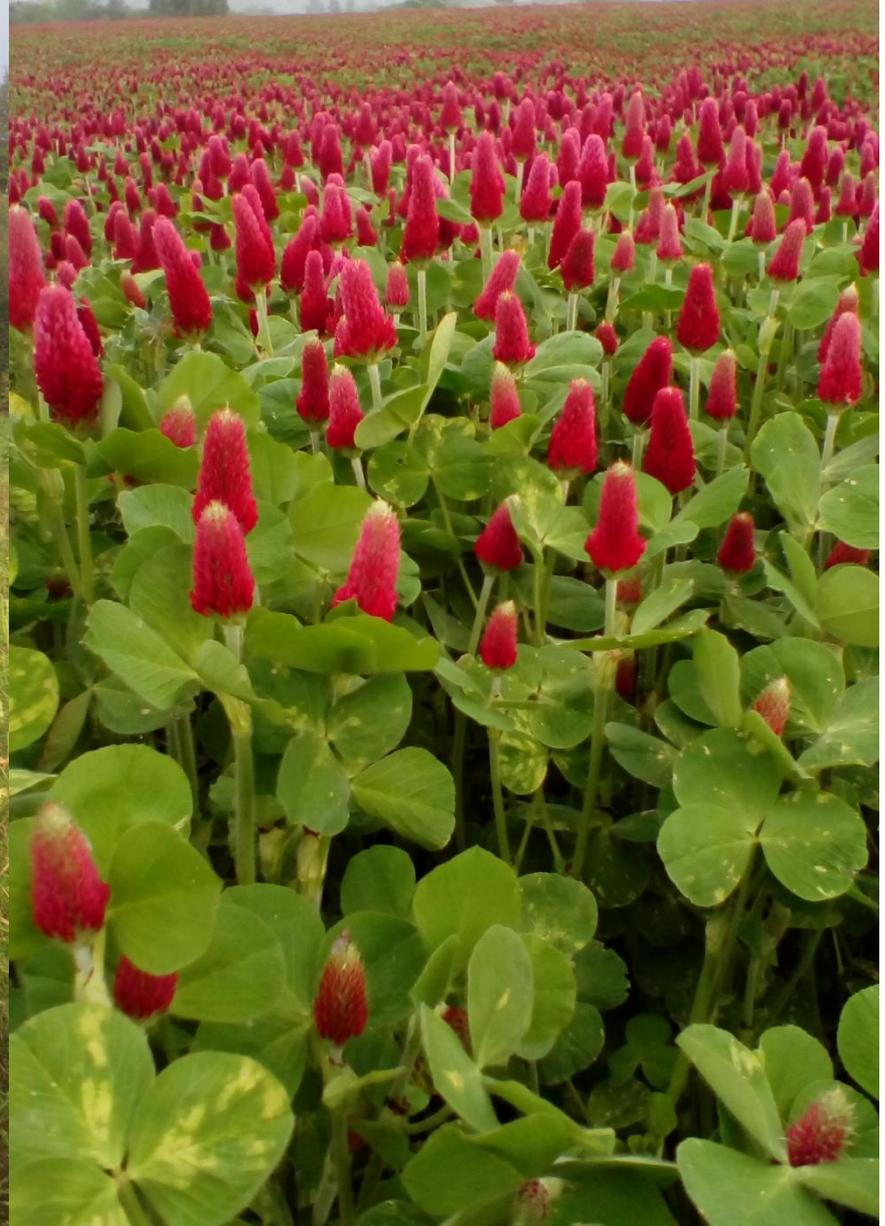


Thierry Tétu, Agriculteur et Maître de Conférences à l'Université,

Unité de Recherche UMR CNRS/EDYSAN, 33 rue St LEU, 80039 Amiens cedex.





Transition vers l'agriculture de conservation des sols

→ 1/ Introduction: Les 4 phases en Agriculture de Conservation (Protection) des Sols.

→ Les questions et les réponses de gestion sont différentes selon que l'agriculteur est situé à 4, 8, 12 ou 16 ans d'arrêt du labour avec implantation de couverts végétaux réussis.

→ 2/ Remplacement du travail physique du sol par le travail biologique: assurer la verticalité de la structure du sol par la fissuration biologique des racines des couverts

→ 2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→ 2.2/ Gérer la compaction des sols en sol limoneux

→ 3/ Assurer la nutrition des cultures par les processus agroécologiques naturels (symbiose, mycorhization, fixation endophytique, extraction d'éléments minéraux insolubles) pour diminuer les coûts de production (financiers)

→ Remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique. Pourquoi ?

→ Effets négatifs de l'azote de synthèse à haute dose sur les processus agroécologiques

→ 4/ Importance de la proportion de culture de printemps/cultures d'hiver dans la rotation

→ Pour augmenter la MO via production de couverts à forte biomasse

→ Pour gérer l'enherbement et les maladies via l'alternance de matières actives différentes

→ 1/ Introduction: Les 4 phases en Agriculture de Conservation (Protection) des Sols.

→ Les questions et les réponses de gestion sont différentes selon que l'agriculteur est situé à 4, 8, 12 ou 16 ans d'arrêt du labour avec implantation de couverts végétaux réussis.

→ 2/ Remplacement du travail physique du sol par le travail biologique: assurer la verticalité de la structure du sol par la fissuration biologique des racines des couverts

→ 2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→ 2.2/ Gérer la compaction des sols en sol limoneux

→ 3/ Assurer la nutrition des cultures par les processus agroécologiques naturels (symbiose, mycorhization, fixation endophytique, extraction d'éléments minéraux insolubles) pour diminuer les coûts de production (financiers)

→ Remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique. Pourquoi ?

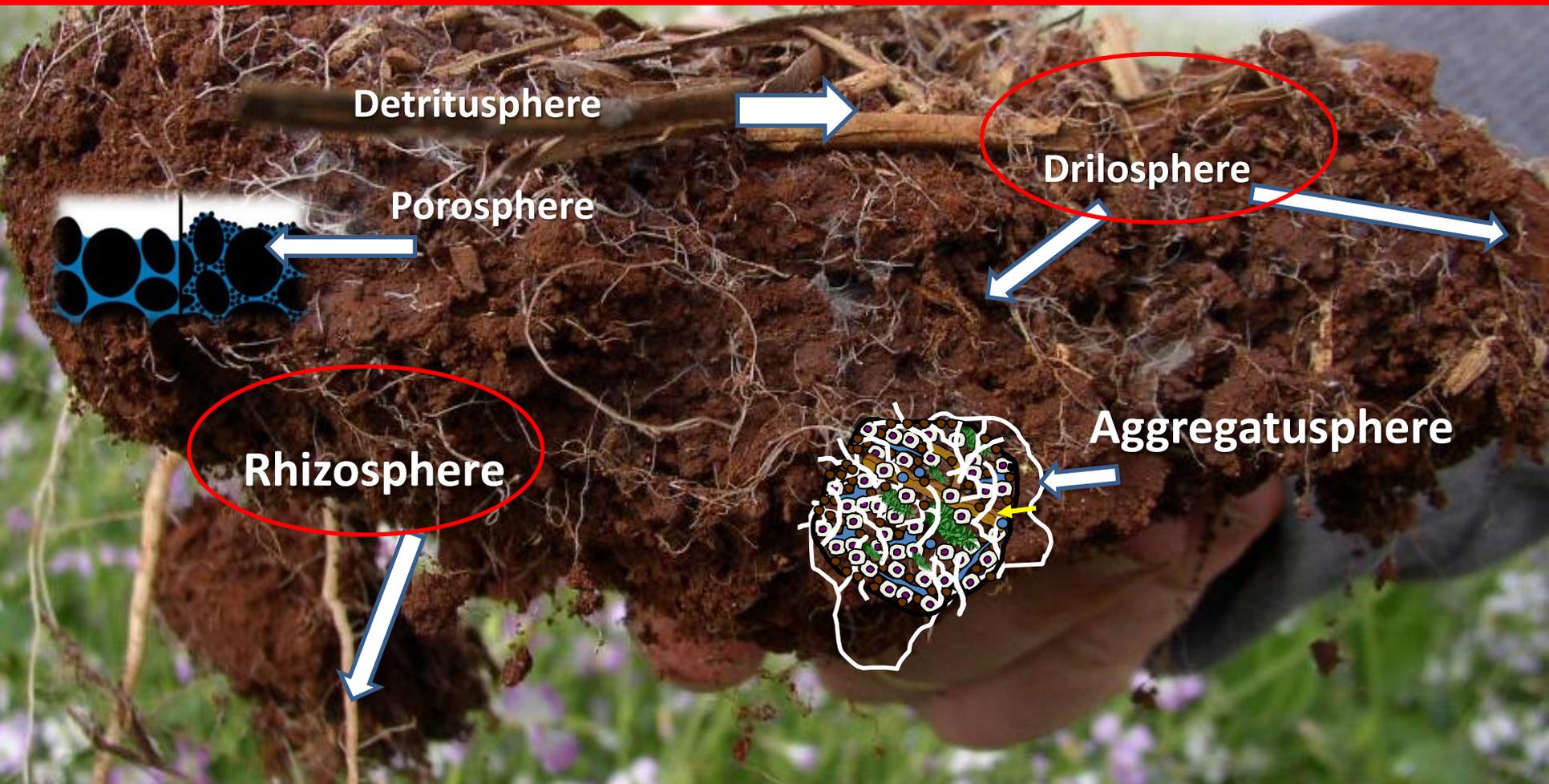
→ Effets négatifs de l'azote de synthèse à haute dose sur les processus agroécologiques

→ 4/ Importance de la proportion de culture de printemps/cultures d'hiver dans la rotation

→ Pour augmenter la MO via production de couverts à forte biomasse

→ Pour gérer l'enherbement et les maladies via l'alternance de matières actives différentes

Lorsque le sol n'est pas labouré, émietté, le sol est constitué de micro habitats qui sont eux-mêmes des sous-écosystèmes



Influence biologique des habitats sur la fonctionnalité ou la réactivité du sol

Pour atteindre cet état d'équilibre: 4 phases successives, durée = 12 ans

Phase 1 Conversion

Objectif:

- Lutte contre l'érosion; MO
- Verticalité de la structure

Modification rotation/bilan -

Implantation Couverts végétaux

1/ Choix des couverts (effet rhizosphérique et mycorhizes ; légumineuses)

Augmenter densité de semis

- fissuration biologique du sol
- Destruction des couverts

2/ Gestion de la compaction en sol limoneux obligatoire avant et sur couverts végétaux

- Modification structure feuilletée
- Diagnostic de compaction
- Méthodes de fissuration

3/ Gestion de l'azote:

- Indicateurs (Racines séminales, 1er talle/4eme f,

Impasse P et K: battance accélérée par le KCl, superphosphate négatif sur mycorhizes

Amendement calcaire (C carbone et vers de terre)

Chronologie mise en place/cultures

Modification infiltration eau

désherbage

Phase 2 Equilibrage

- Augmentation Teneur en eau et MO du sol
- Verticalité structure
- Vers de terre
- Gestion azote différenciée sur céréale
- Diminution fertilisation azotée si structure Ok;
- couverts végétaux denses et riches en légumineuses
- Adaptation stratégies de désherbage
- Augmentation de la Stabilité structurale
- Augmentation de l'activité microbienne
- Nutrition P à partir P total
- Mycorhization
- Pneumatiques BP
- Remplacer progressivement phyto par biocontrôle
- Chaulage vers de terre

Phase 3 Consolidation

- Accumulation carbone
- Augmentation CEC
- Augmentation turn over des éléments minéraux
- Augmentation Teneur en eau
- Augmentation CEC
- dépend sol et climat
- Gain maladies
- Diminution phyto
- Diminution N
- + de cultures de printemps
- Plantes compagnes
- Auxiliaires des cultures
- Biocontrôle
- Seed priming
- Chaulage vers de terre
- Privilégier cultures de printemps

Phase 4 Maintenance

- Flux continu C et N
- Disponibilité en eau maximale
- Diminution irrigation
- Augmentation P assimilable
- Augmentation importante biomasse microbienne
- Fertilisation P non soluble
- Nx-50 sur culture de printemps
- Évolution vers + de culture de printemps
- Cultures sous much vivants
- Cultures associées
- Equipement trieur à graines
- Diminution forte phyto
- Chaulage vers deterre

Coûts production

Temps (années)

0 à 4

4 à 8

8 à 12

+ 12

- Objectif: Lutte contre l'érosion; augmenter teneur en MO des sols
 - Remplacer structure mécanique horizontale par structure biologique verticale= arrêt du travail du sol, quand , comment ?
 - Porosité verticale: comment ?
 - 1/ Implantation Couverts végétaux: porosité racinaire verticale= augmentation biomasse vivante (plante et édaphon)
 - Choix des couverts (effet rhizosphérique et mycorhizes ; légumineuses), respect de la réglementation et conversion
 - Augmenter densité de semis
 - Croissance et CO2
 - fissuration biologique du sol
 - Priming effect rhizosphérique lié à la densité de semis des couverts végétaux
 - Nutrition et densité racinaire
 - Mode de destruction des couverts/type de couverts: dépend si parcelle propre
 - 2/ Gestion de la compaction en sol limoneux obligatoire avant et sur couverts végétaux
 - Modification structure feuilletée
 - Diagnostic de compaction
 - Méthodes de fissuration
 - 3/ Gestion de l'azote: remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique
 - Indicateurs (Racines séminales, 1er talle/4eme f,..)
 - Légumineuse CP+ IC
 - fractionnement
 - 4/ Modification rotation si bilan négatif (constat de diminution de la MO)
 - Impasse P et K: battance accélérée par le KCl, superphosphate négatif sur mycorhizes
 - Amendement calcaire (C arbore et vers de terre)
 - Chronologie mise en place/cultures
 - Modification teneur en eau du sol: augmente l'efficacité d'utilisation de l'azote
- 

→1/ Introduction: Les 4 phases en Agriculture de Conservation (Protection) des Sols.

→ Les questions et les réponses de gestion sont différentes selon que l'agriculteur est situé à 4, 8, 12 ou 16 ans d'arrêt du labour avec implantation de couverts végétaux réussis.

→ 2/ Remplacement du travail physique du sol par le travail biologique: assurer la verticalité de la structure du sol par la fissuration biologique des racines des couverts

→2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→Rôle de la densité de semis sur la concentration du CO₂ du couvert

→ 2.2/ Gérer la compaction des sols en sol limoneux

→3/ Assurer la nutrition des cultures par les processus agroécologiques naturels (symbiose, mycorhization, fixation endophytique, extraction d'éléments minéraux insolubles) pour diminuer les coûts de production (financiers)

→ Remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique. Pourquoi ?

→ Effets négatifs de l'azote de synthèse à haute dose sur les processus agroécologiques

→4/ Importance de la proportion de culture de printemps/cultures d'hiver dans la rotation

→ Pour augmenter la MO via production de couverts à forte biomasse

→ Pour gérer l'enherbement et les maladies via l'alternance de matières actives différentes

Haute densité de semis

Radis structurator 5 kg, trèfle alexandrie 15 kg
10 tonnes MS ; Norg >200

Assurer une fissuration verticale du sol par les racines de couverts semées à forte densité



Yves gosselin, Sorrus

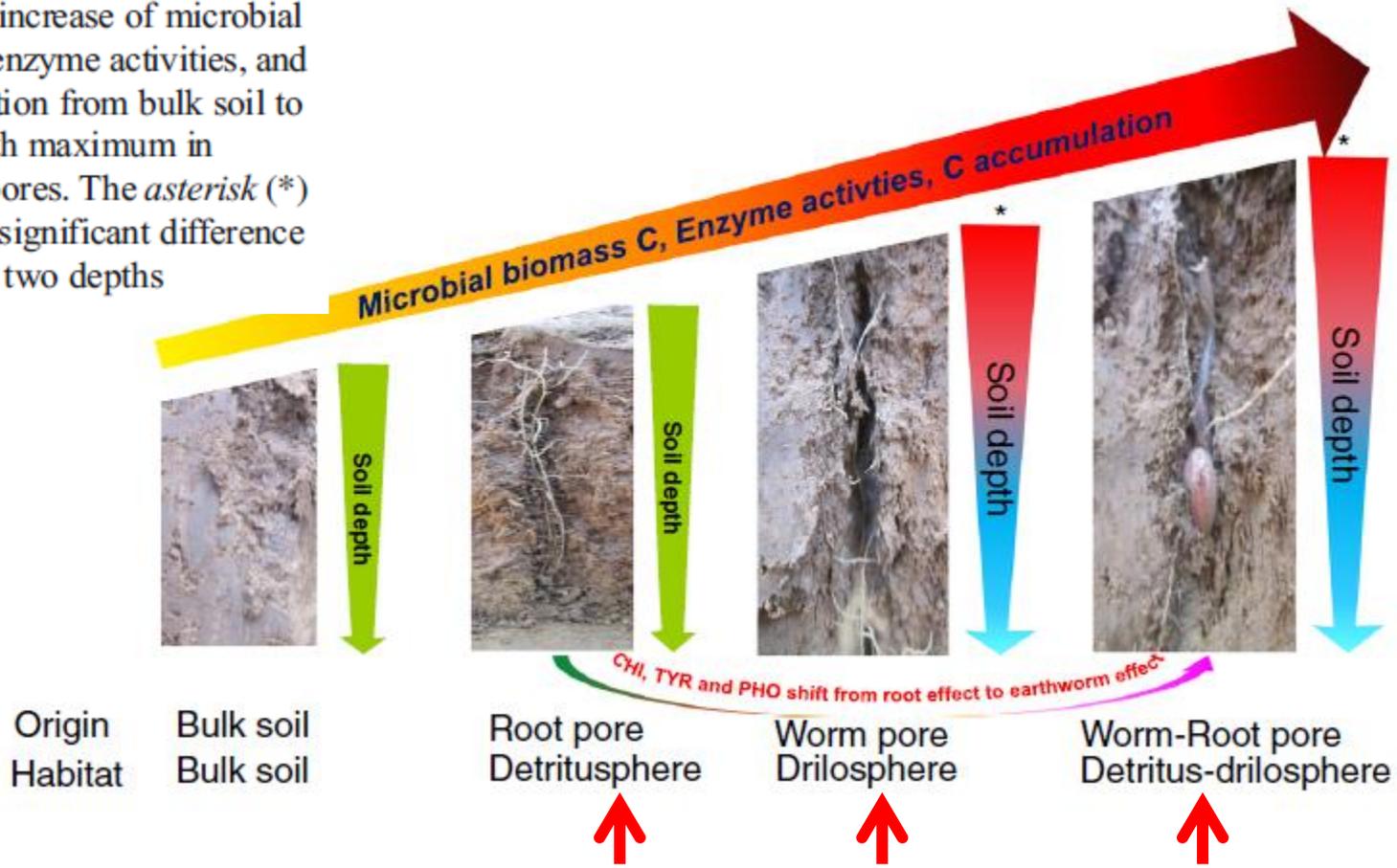
Opinion

Deep roots and soil structure

structure. In some respects these are well reported: for example Valentine *et al.* (2012) demonstrated the importance of macropores, while White & Kirkegaard (2010) showed that **at depth all roots were found in pre-existing pores**. However, we will argue that in the field the increase in soil strength at depth that occurs irrespective of soil management, must inevitably restrict root growth to existing pore networks. **The findings of White & Kirkegaard (2010) showing that deep roots are only found in pores should be considered to be the norm.**

Les racines profondes empruntent systématiquement la porosité biologique verticale ancienne des racines; cela explique pourquoi en SD sans aucun travail du sol, les racines (cf photo racine radis, yves gosselin, sorrus) atteignent rapidement les horizons profonds; comparativement au labour pour lequel la porosité verticale de l'horizon 0-30 a été détruite + problème de lissage de la porosité à 30 cm (semelle de labour).

Fig. 6 The increase of microbial biomass C, enzyme activities, and C accumulation from bulk soil to biopores with maximum in worm-root pores. The *asterisk* (*) illustrated a significant difference between the two depths



Intérêt du SDSCV qui ne perturbe pas les fissures et l'habitat du sol

Intérêt du vrai semis direct sous couverture végétal qui ne perturbe pas le sol pour l'enracinement profond des cultures

→ 2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→ Comment réussir un couvert ? Règles générales

→ C'est l'oxygène du sol (O₂) qui est l'élément minéral naturel **limitant la croissance du couvert** (et aussi celle des cultures principales)

→ Gestion de la structure du sol pour l'oxygénation au travers l'enracinement des couverts

→ **Création d'une nouvelle porosité biologique verticale**

→ Il ne faut pas dire non travail du sol car nous recherchons au contraire à intensifier le travail du sol d'origine biologique mais à supprimer le travail physique du sol (labour + émiettement herse rotative)

→ **Augmenter les densités de semis pour réussir**

→ **Planter tôt: savoir faire une orge/escourgeon d'hiver au lieu d'un blé pour obtenir un très gros couvert**

Eléments minéraux majeurs pour les plantes, ces éléments sont gratuits pour l'agriculteur.

CO_2 dans le couvert = haute densité de semis (porosité)

$\text{H}_2\text{O} = \text{MO}$ (rétention hydrique, ressuyage, porosité)

O_2 du sol (fissuration biologique par les racines du couvert, porosité)

N (N_2 (N:N Légumineuses, nitrogenase, porosité)

P (exploration racinaire)

K (exploration racinaire)

S, Ca, Mg,.. OEs... (exploration racinaire)



Effet rhizosphérique = Visualisation du **priming effect rhizosphérique** sur céréales; rôle de la densité des racines sur la croissance de la plante: phénomène identique pour les couverts denses couverts qui entraîne l'augmentation de la croissance



Idem

→1/ Introduction: Les 4 phases en Agriculture de Conservation (Protection) des Sols.

→ Les questions et les réponses de gestion sont différentes selon que l'agriculteur est situé à 4, 8, 12 ou 16 ans d'arrêt du labour avec implantation de couverts végétaux réussis.

→ 2/ Remplacement du travail physique du sol par le travail biologique: assurer la verticalité de la structure du sol par la fissuration biologique des racines des couverts

→2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→Rôle de la densité de semis sur la concentration du CO₂ du couvert

→ 2.2/ Gérer la compaction des sols en sol limoneux

→3/ Assurer la nutrition des cultures par les processus agroécologiques naturels (symbiose, mycorhization, fixation endophytique, extraction d'éléments minéraux insolubles) pour diminuer les coûts de production (financiers)

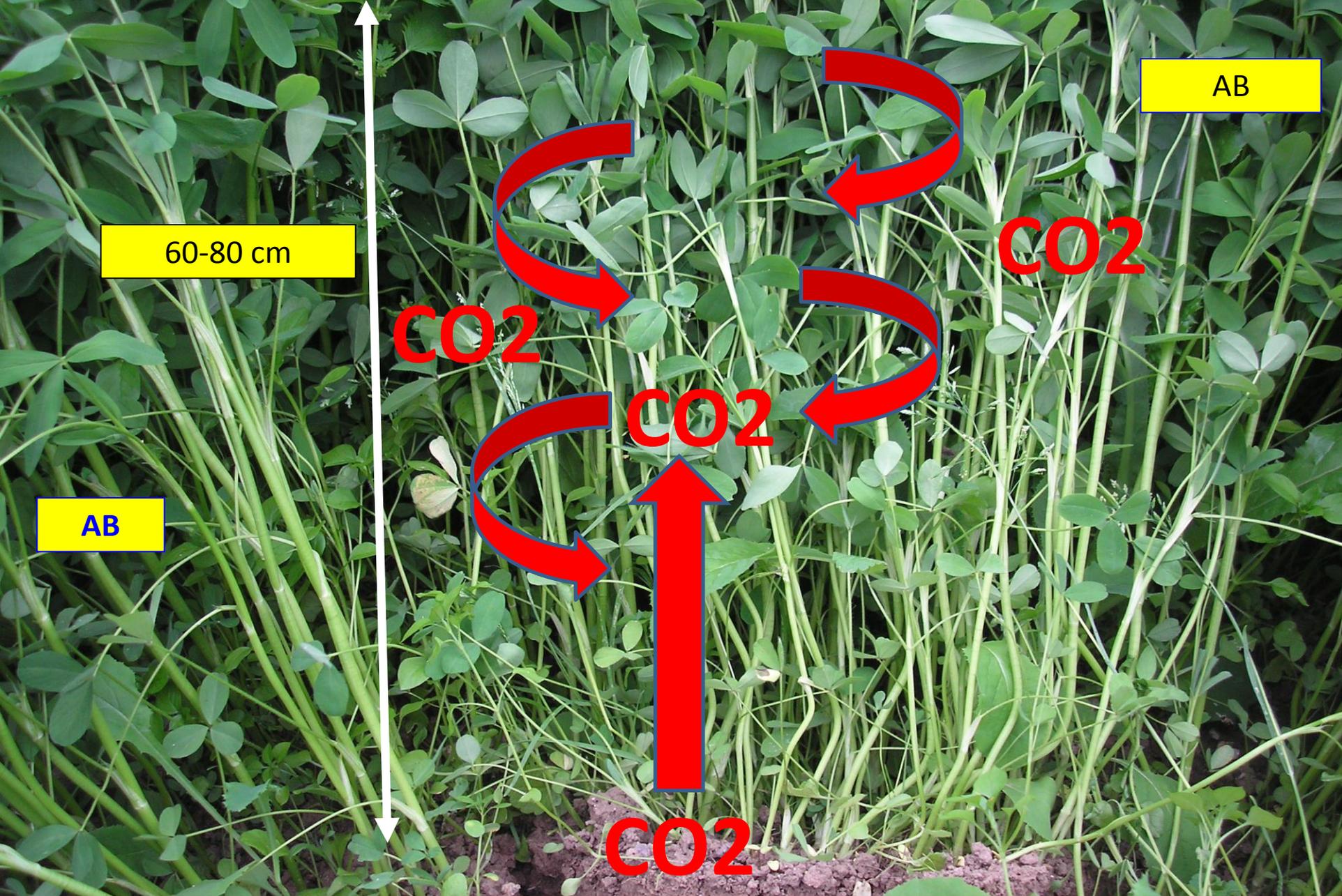
→ Remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique. Pourquoi ?

→ Effets négatifs de l'azote de synthèse à haute dose sur les processus agroécologiques

→4/ Importance de la proportion de culture de printemps/cultures d'hiver dans la rotation

→ Pour augmenter la MO via production de couverts à forte biomasse

→ Pour gérer l'enherbement et les maladies via l'alternance de matières actives différentes



Le CO2 en provenance du sol est piégé en haute densité de semis, augmente l'intensité de la photosynthèse et donc la productivité du couvert

Azote absorbé + fixation N₂ = 260 unités N-org (plante entière + racines) 10 tonnes MS

Haute densité de semis



Exemple
en
Agri bio



Fèveroles 90 kg/ha + trèfle Alexandrie 10 kg; P = 90 unités, K= 120 Unités

Haute densité de semis



Radis structurator (3kg), trèfle alexandrie , 15 kg; 8 tonnes MS; Norg 180;
P=80 U; K= 100; agriculture classique

➤ Réussite couverts = haute densité 250 pltes /m² dont 70% légumineuses (175 germinations) pour lever faim azote et prélèvement P et K

➤ Nécessite d'associer grosses graines (fèveroles, pois fourrager, lupin, avec petites graines (lentilles, trèfle d'Alexandrie, trèfle de perse,

➤ Vesce velue couvert relai sortie hiver...)

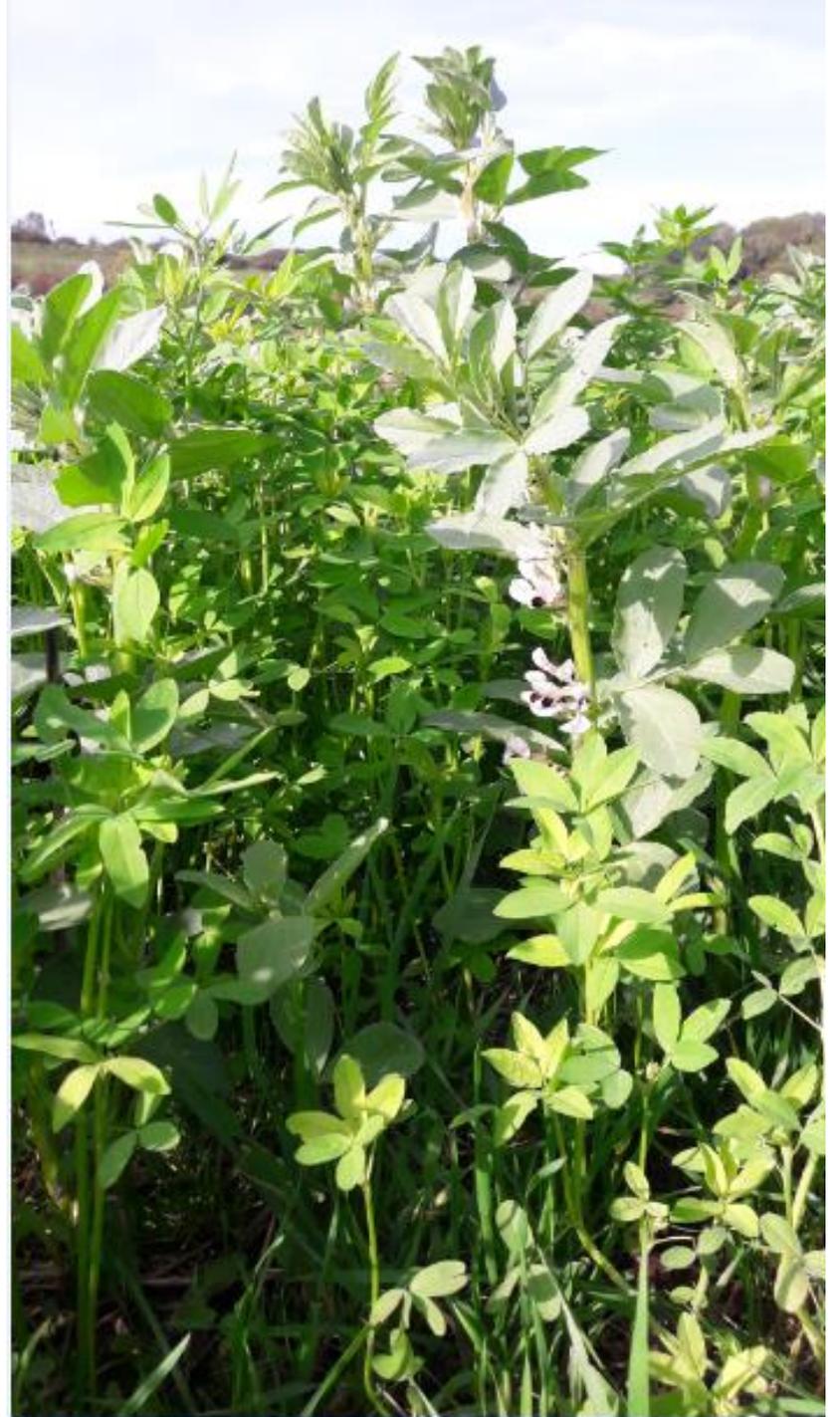
➤ L'association de plusieurs légumineuses est toujours bénéfique/légumineuse seule.

➤ 30% restant : Tournesol, radis, phacélie, lin, avoine rude

➤ L'agriculteur doit semer ce qu'il sait semer pas chercher à semer ce qu'il ne réussit pas

**A chaque espèce de couvert sa fonction
sur l'exploration du sol**







Type de travail du sol





Mulching du couvert en surface: une technique pour booster l'activité microbienne du sol et provoquer un effet starter au démarrage des cultures (nécessite sol propre)

**Maïs: quasi
indispensable**





Lupin + Fèverole: système racinaire performant
variétés printemps
Variétés hiver



Radis structurator: système racinaire performant



Blé d'hiver associé trèfle d'Alexandrie



Trèfle Alexandrie + blé
en cultures associées
du semis, octobre à mars



→1/ Introduction: Les 4 phases en Agriculture de Conservation (Protection) des Sols.

→ Les questions et les réponses de gestion sont différentes selon que l'agriculteur est situé à 4, 8, 12 ou 16 ans d'arrêt du labour avec implantation de couverts végétaux réussis.

→ 2/ Remplacement du travail physique du sol par le travail biologique: assurer la verticalité de la structure du sol par la fissuration biologique des racines des couverts

→2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→ Rôle de la densité de semis sur la concentration du CO₂ du couvert

→ 2.2/ Gérer la compaction des sols en sol limoneux

→3/ Assurer la nutrition des cultures par les processus agroécologiques naturels (symbiose, mycorhization, fixation endophytique, extraction d'éléments minéraux insolubles) pour diminuer les coûts de production (financiers)

→ Remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique. Pourquoi ?

→ Effets négatifs de l'azote de synthèse à haute dose sur les processus agroécologiques

→4/ Importance de la proportion de culture de printemps/cultures d'hiver dans la rotation

→ Pour augmenter la MO via production de couverts à forte biomasse

→ Pour gérer l'enherbement et les maladies via l'alternance de matières actives différentes

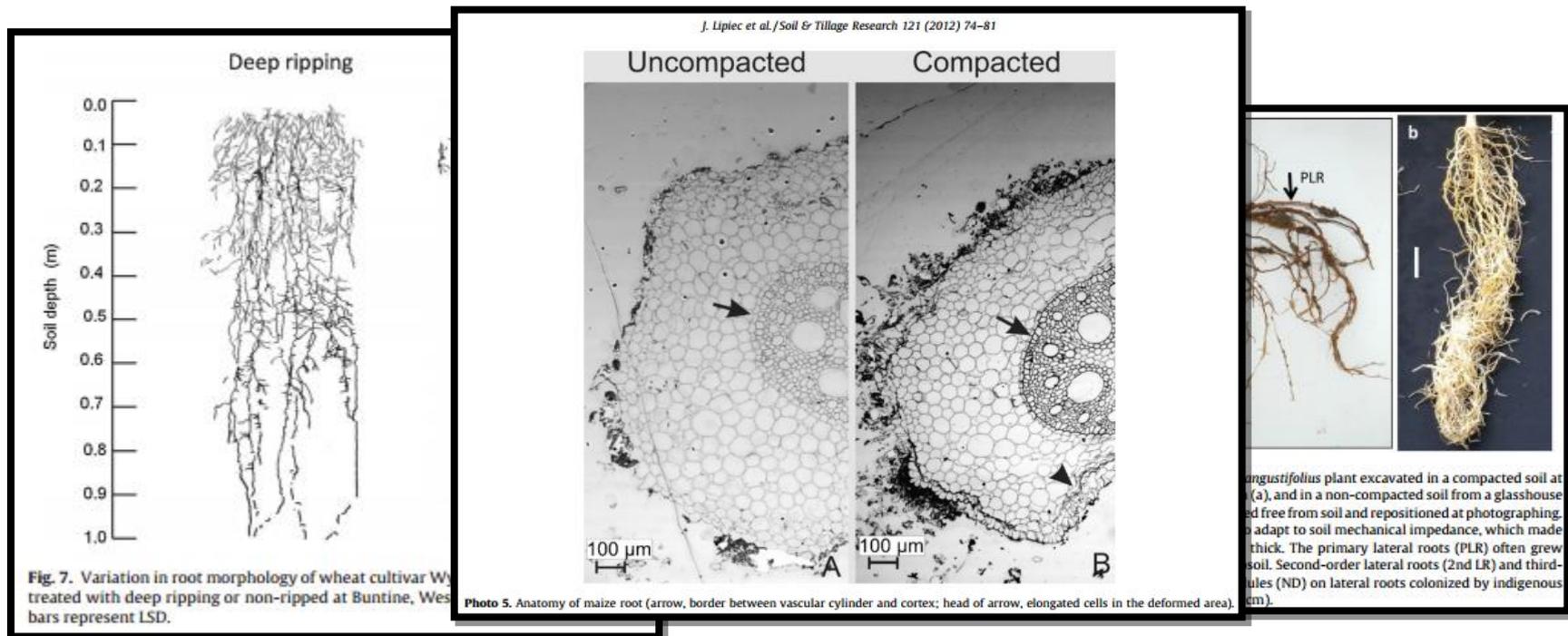
Gestion de la compaction du sol à l'état initial :

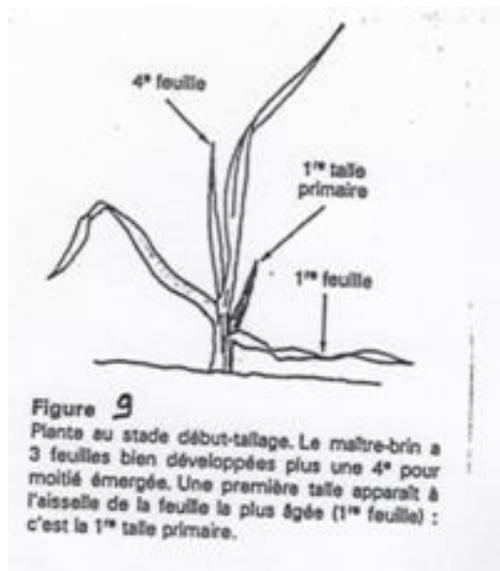
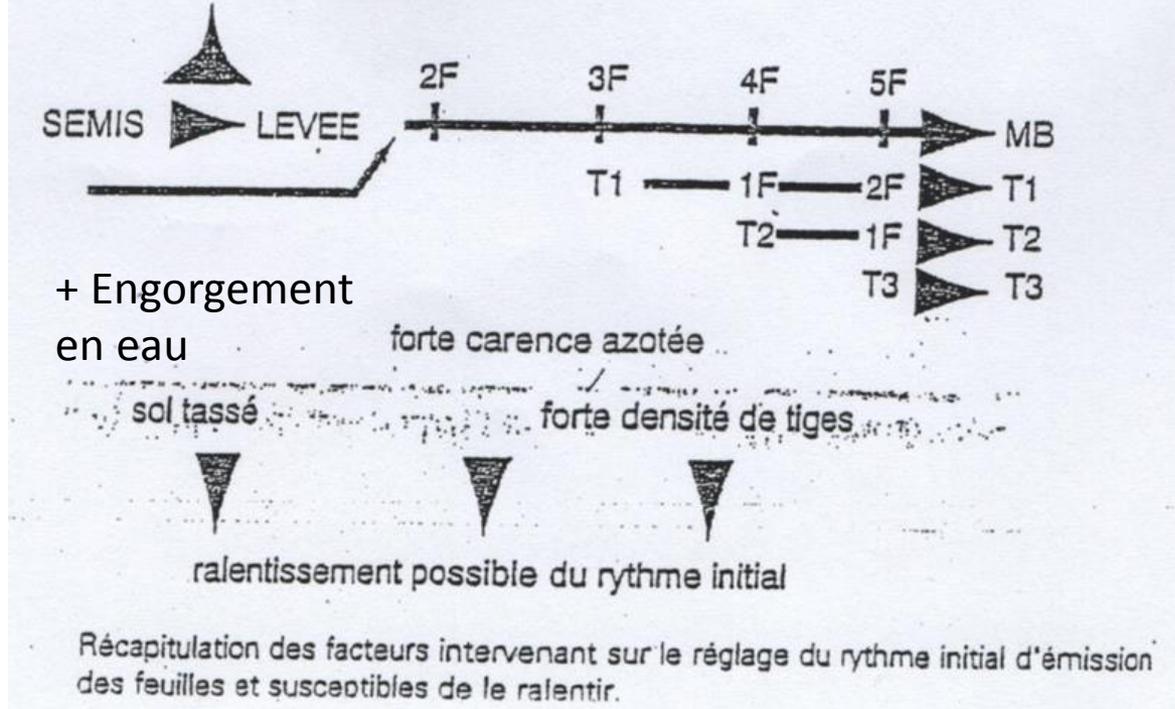
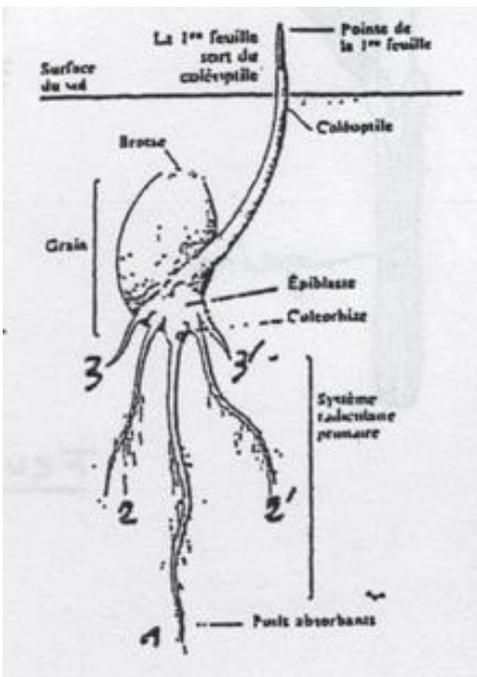
- Eviter la stratification horizontale initiale de la MO en SD
- **Gestion prospection racinaire en SD < 3 Mpa à 60 cm de profondeur**

❖ Affecte l'émergence des plantules et la prospection racinaire
(Maïs : jusqu'à 2,75 MPa ; Luzerne : jusqu'à 4,65 MPa)

❖ Modifications de la morphologie globale du système racinaire et de l'anatomie même des racines → conséquences sur la nutrition hydrique et minérale...

❖ Affecte la présence de composés tissulaires dans les racines : Cellulose, Hemicellulose, Lignine (Bingham et al., 2010)





Indicateurs visuels de gestion azote



Nbre de talles



SD

Labour + rotative



Baisse de MO caractéristique des sols limoneux labourés

Compaction et maïs



Compaction et blé



Figure 1. A penetrometer in use in a field to measure the relationship between penetrometer resistance and depth. The insert shows the relieved shaft and a conical cone to deform the soil.

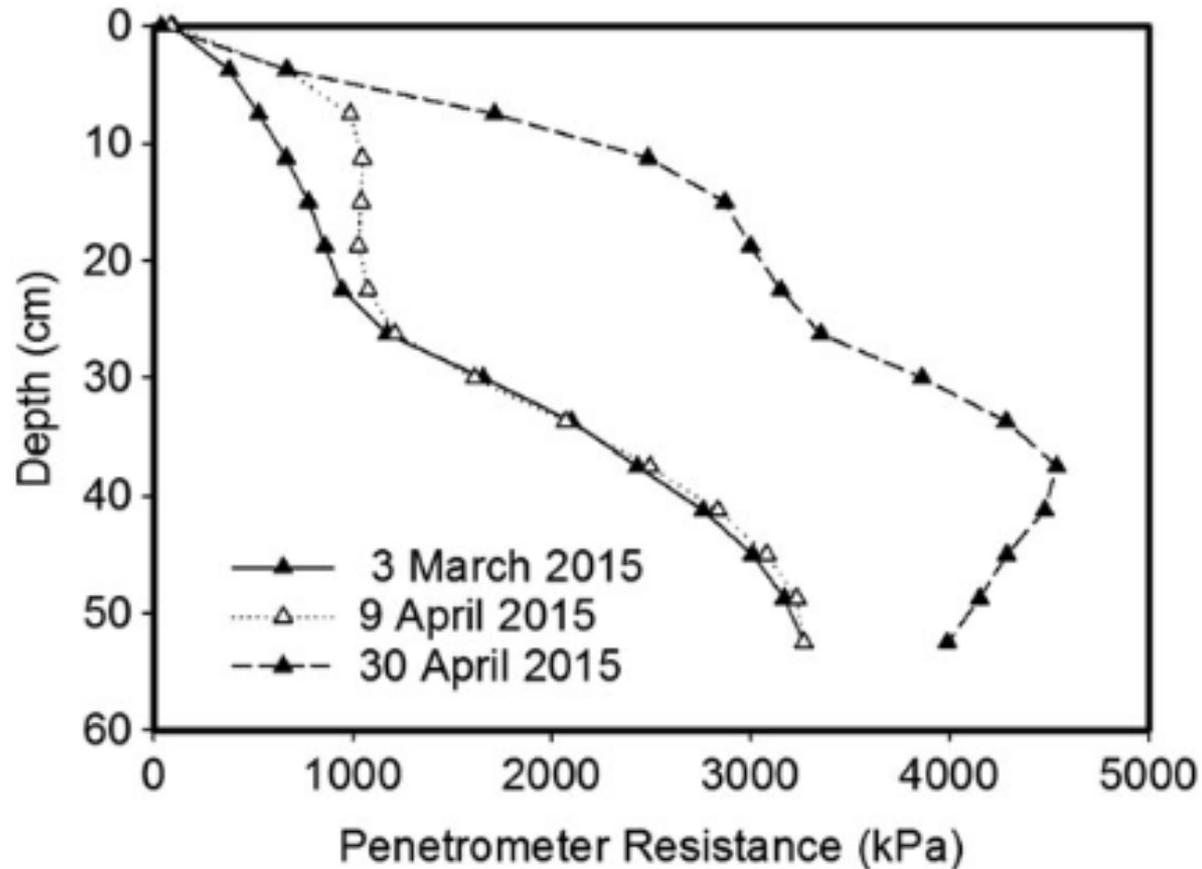


Table 1. Elongation of roots following 10 days of growth in a very strong soil with a penetrometer resistance greater than 4 MPa or a mechanically weak control (from Materachera *et al.*, 1991)

Plant species	Root elongation following 10 days of growth (mm)				Percentage reduction by stress
	Strong soil		Weak control		
Monocotyledons	se		se		
Barley	3.1	0.04	124.6	0.76	97.5
Maize	4.4	0.06	106.7	0.72	95.9
Oats	3.2	0.05	114.2	1.14	97.2
Rice	3.1	0.02	60.2	0.15	94.9
Sorghum	3.4	0.02	63.8	0.15	94.7
Rhodesgrass	2.5	0.05	60.6	0.36	95.9
Ryegrass	3	0.02	68.2	0.28	95.6
Wheat	4.1	0.04	120.7	0.82	96.6
Dicotyledons					
Cotton	4.5	0.02	68	0.2	93.4
Faba bean	6.8	0.03	98.7	0.74	93.1
Lincoln weed	2.7	0.04	59.8	0.25	95.5
Leucaena	5.2	0.05	66.9	0.22	92.2
Lucerne	4.3	0.03	75.9	0.31	94.3
Lupin	7.1	0.06	69.4	0.27	87.8
Medic	4.5	0.03	62.4	0.22	92.8
Oil radish	4.9	0.04	88.3	0.6	94.5
Pea	7	0.04	104.6	0.85	93.3
Pigeonpea	4.6	0.06	72.7	0.2	93.7
Safflower	5.6	0.05	94.5	0.67	94.1
Soybean	5.7	0.06	81.5	0.41	93
Sunflower	6.4	0.05	105.3	0.68	93.9
Vetch	6.5	0.04	112.7	0.38	94.2

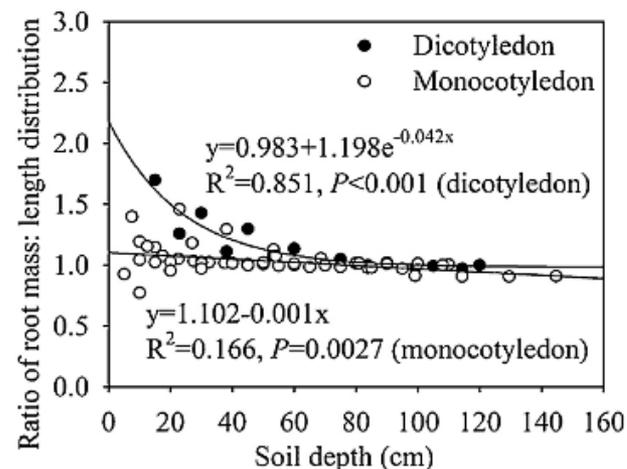


Fig 1. Relationship between the ratio of root mass distribution to root length distribution and soil depth for dicotyledonous and monocotyledonous crops. Monocotyledon data derived from Allmaras *et al.* (1975) (maize), Ball-Coelho *et al.* (1998) (maize), Cannell *et al.* (1985) (oat), Feng *et al.* (2009) (wheat), Germida and Walley (1996) (wheat), Guan *et al.* (2015) (wheat), Tadesse *et al.* (1995) (oat). Dicotyledon data derived from Allmaras *et al.* (1975) (soybean), Ali *et al.* (2005) (chickpea).

Granulométrie 5 fractions

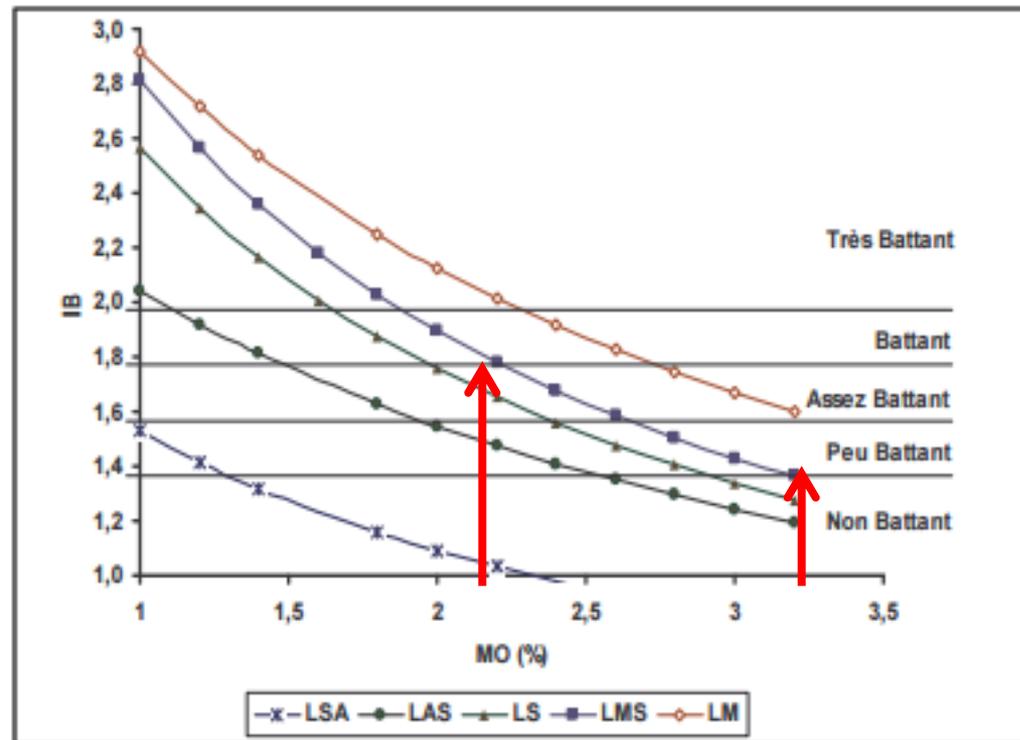
$$IB = \frac{(1,5 \times \% \text{ de limons fins}) + (0,75 \times \text{limons grossiers})}{(\% \text{ argile} + 10 \times \% \text{ de matière organique})} - C$$

si $\text{pH} < 7$, $C = 0$;

si $\text{pH} > 7$, $C = 0,2 (\text{pH} - 7)$

Interprétation :	$IB > 2$	très battant
	$IB = 1,8 - 2$	battant
	$IB = 1,6 - 1,8$	assez battant
	$IB = 1,4 - 1,6$	peu battant
	$IB < 1,4$	non battant

Figure 3 :
Variations de
l'indice de
battance en
fonction de la
teneur en MO de la
couche travaillée
à pH=7.



Source : Agro-TransfertR&T

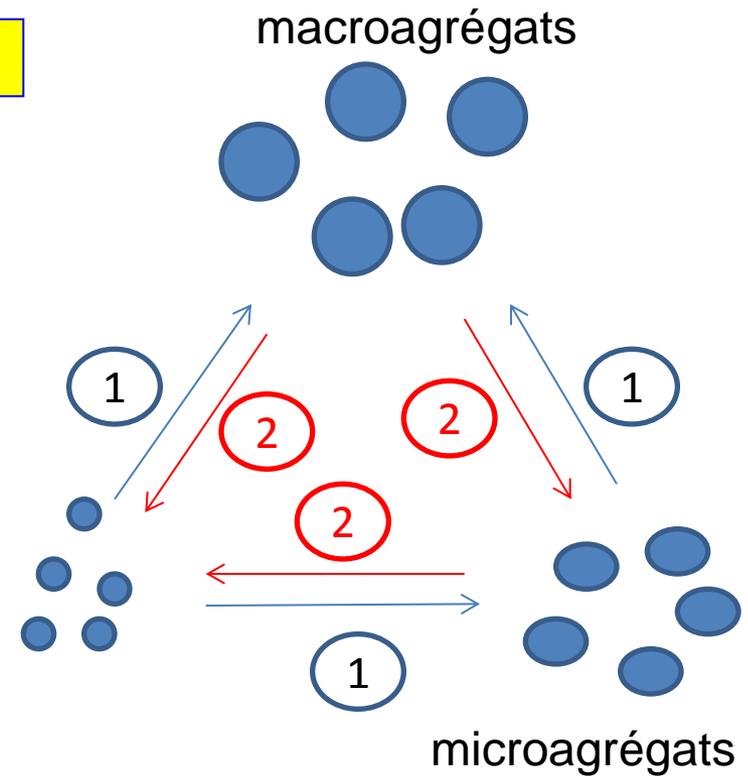
Application de la formule de Rémy et Marin-Laflèche à plusieurs types de sols : LMS : Limon Moyen Sableux, LS : Limon Sableux, LSA : Limon Sablo-Argileux, LAS : Limon Argilo-Sableux, Limon Moyen, d'après le triangle des textures de la Station Agronomique de l'Aisne

Démarche 2 : Gérer MO et pH pour construire une bonne structure en TCS/SD/SDSCV

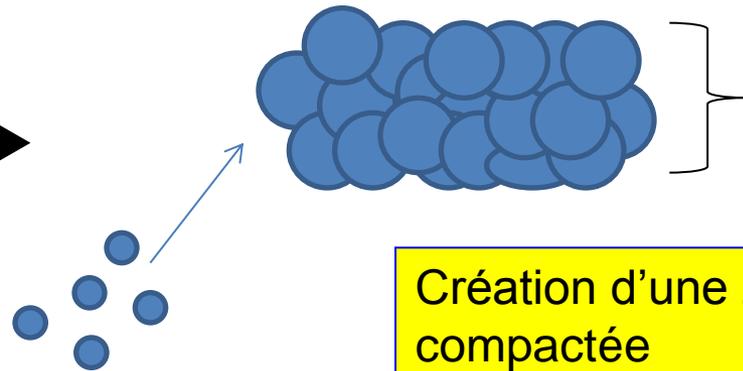
1 Structuration: nécessite colloïdes

2 Déstructuration:
Émiettement HR

État particulaire:
limons



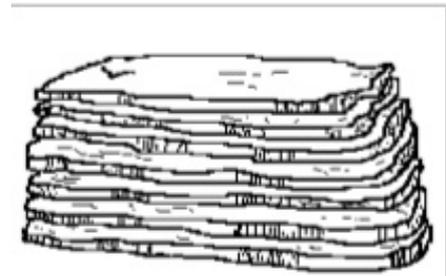
État particulaire après travail
du sol au printemps sur sol
sec avec émiettement
important HR
Si pas assez de MO
et $\text{pH} < 7.5$: reprise en
masse



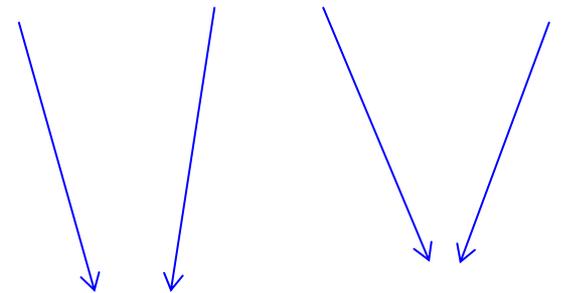
Création d'une zone
compactée



Viser ce type de structure aérée



Platy: Thin, flat plates of soil that lie horizontally. Usually found in compacted soil.

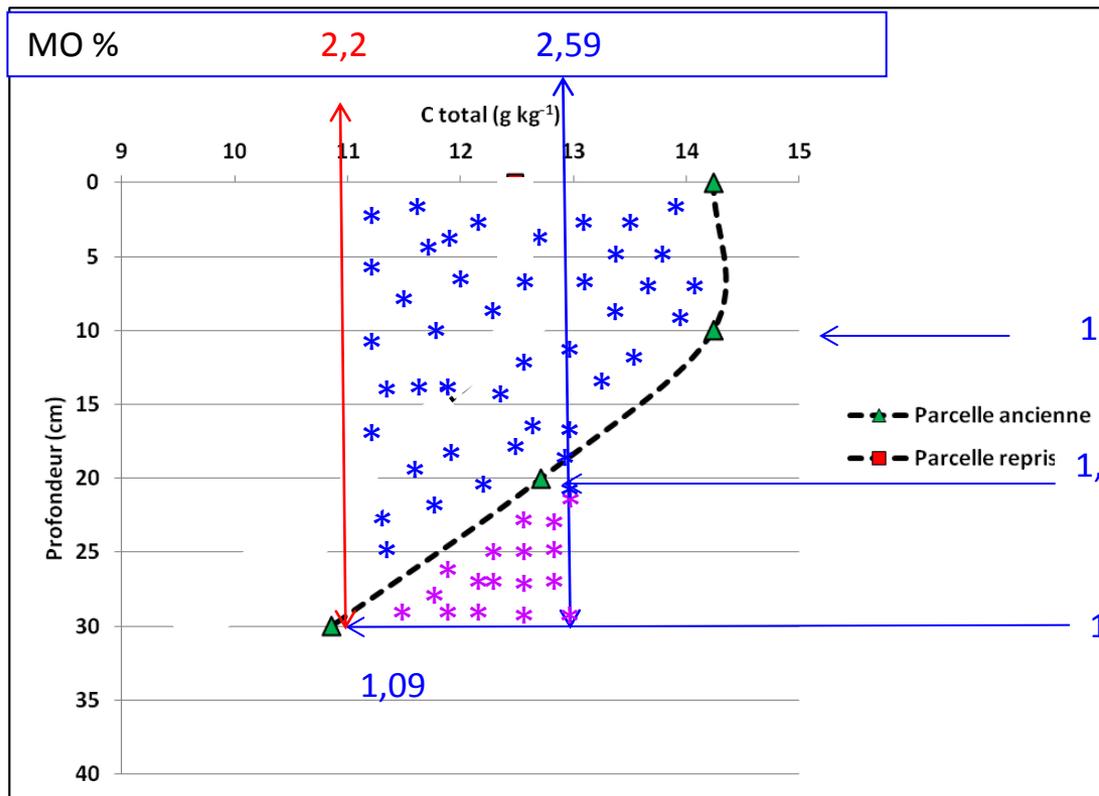


Entonnoirs racinaires

Structure laminaire = indicateur compaction

Influence de la compaction sur le fonctionnement et la répartition racinaire/profondeur

Analyse 2016 Courbe verte



Zone de gain en C depuis 2004



Zone de perte en C depuis 2004

$C_{org} * 1,72 = MO\%$

↔ Valeur MO% sur 25 cm 2004: 2,2

↔ Moyenne pondérale MO% sur 25 cm 2016

Pour 25 cm au lieu de 30 cm: $2,84 * 2 + 2,56 * 2 + 2,18 * 1 = 2,59\%$ MO en 2016, soit 1,3%C en 2016 sur le schéma, flèche bleue

date	03/2004	03/2016		
prof echantillon	30 cm	1-10 cm	10-20 cm	20-25 cm
N total g/kg				
C total g/kg		1,42	1,28	1,09
Tx MO %	2,2	Moyenne 25 cm = $1,31C * 2 = 2,59\%$ MO en 2016		

Evolution de la résistance à la pénétration (en MPa ± erreur standard) en fonction de la profondeur (en cm) et selon le type de pneumatique

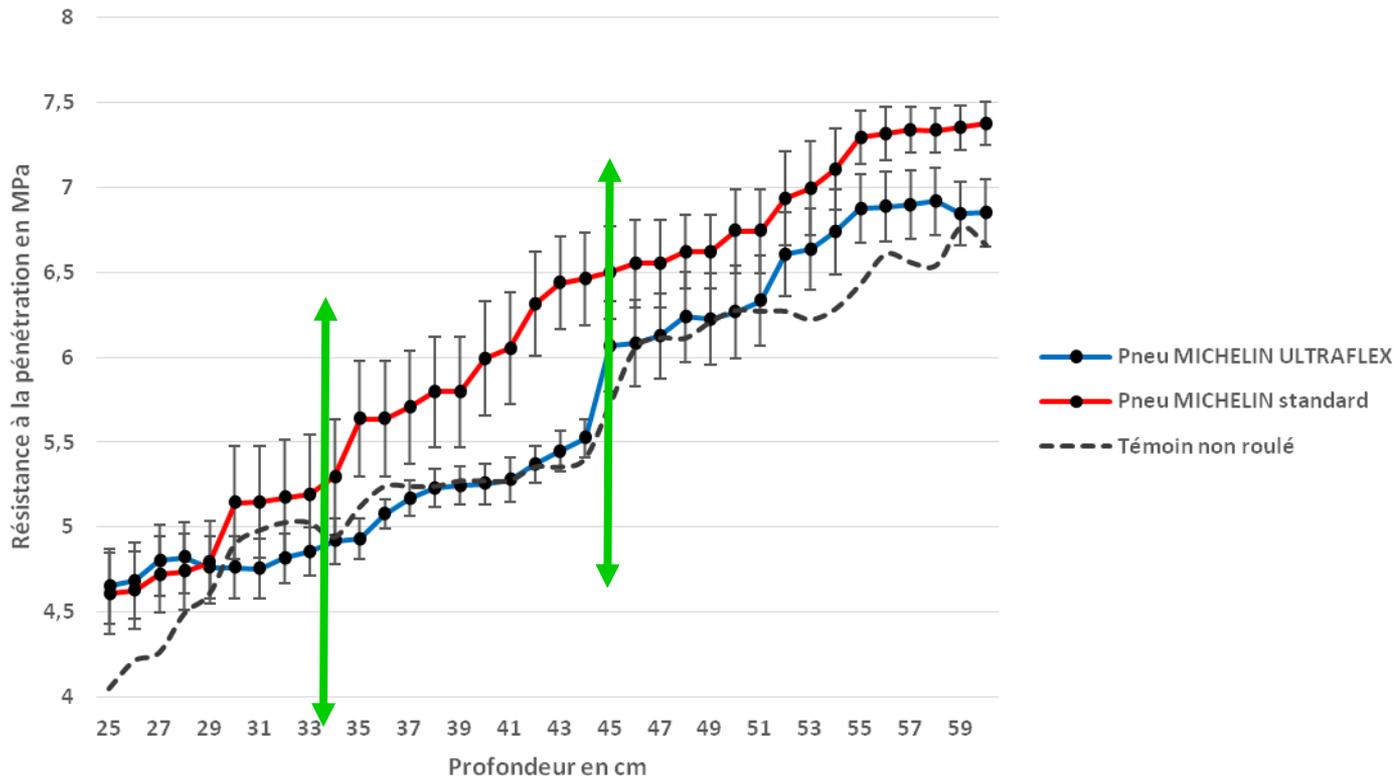


Fig. : Evaluation de la compaction du sol induite par le passage d'un chargement agricole sur sol déchaumé. La mesure de la résistance à la pénétration (en MPa ± erreur standard) en fonction de la profondeur (en cm) est réalisée à l'aide d'un pénétromètre électronique (Penetrologger Eijkelkamp couplé à une centrale d'acquisition de données). Les points de mesures ont été effectués sur toute la largeur du rouage après le passage du chargement équipé 1/ de pneus michelin basse pression ultraflex (courbe bleue) ; 2/ de pneus michelin classiques (courbe rouge), ainsi que sur un sol témoin n'ayant pas reçu le chargement (courbe pointillée grise). 15 mesures ont été réalisées pour chaque modalité (chaque point représente donc la moyenne des 15 mesures à chaque centimètre de profondeur).

- ❖ Tracteur => CLAAS AXION 830 (230cv)
- ❖ Bennes => LA CAMPAGNE 18T 2 Essieux
- ❖ Charge/Benne => 16 Tonnes (Blé)
- ❖ Focus pneus

MICHELIN ULTRA FLEX	CHARGE/PNEU	TRACTEUR	PRESSION
	AV 2000 Kgs	AV 600/60R30 XEOBIB	0.9 Bars
	AR 4000 Kgs	AR 710/60R42 XEOBIB	
	CHARGE/PNEU	BENNE	PRESSION
5200 Kgs	600/55R26.5 CARGOXBIB HIGH FLOTATION	2.3 Bars	
MICHELIN STANDARD	CHARGE/PNEU	TRACTEUR	PRESSION
	AV 2000 Kgs	AV 540/65R30 MULTIBIB	1.6 Bars
	AR 4000 Kgs	AR 650/65R42 MULTIBIB	
	CHARGE/PNEU	BENNE	PRESSION
5200 Kgs	24R20.5 XS	4.0 Bars	



Fissuration du sol en présence de couvert végétaux

→1/ Introduction: Les 4 phases en Agriculture de Conservation (Protection) des Sols.

→ Les questions et les réponses de gestion sont différentes selon que l'agriculteur est situé à 4, 8, 12 ou 16 ans d'arrêt du labour avec implantation de couverts végétaux réussis.

→ 2/ Remplacement du travail physique du sol par le travail biologique: assurer la verticalité de la structure du sol par la fissuration biologique des racines des couverts

→2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→ Rôle de la densité de semis sur la concentration du CO₂ du couvert

→ 2.2/ Gérer la compaction des sols en sol limoneux

→3/ Assurer la nutrition des cultures par les processus agroécologiques naturels (symbiose, mycorhization, fixation endophytique, extraction d'éléments minéraux insolubles) pour diminuer les coûts de production (financiers)

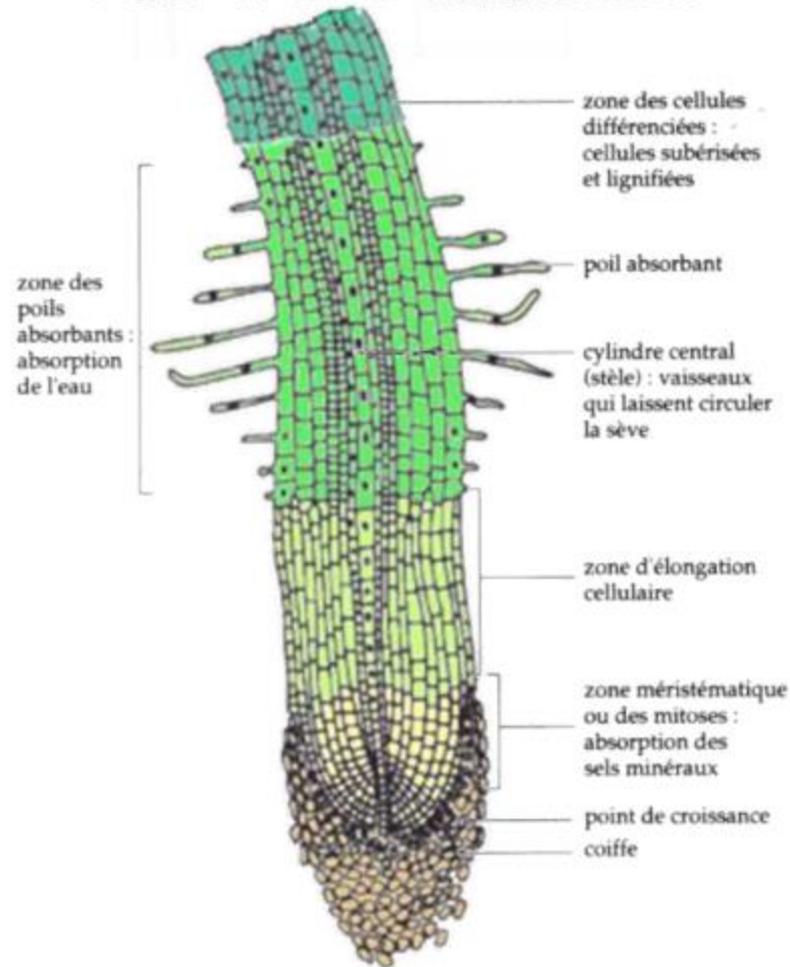
→ Remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique. Pourquoi ?
→ Effets négatifs de l'azote de synthèse à haute dose sur les processus agroécologiques

→4/ Importance de la proportion de culture de printemps/cultures d'hiver dans la rotation

→ Pour augmenter la MO via production de couverts à forte biomasse

→ Pour gérer l'enherbement et les maladies via l'alternance de matières actives différentes

Vue d'une radicelle

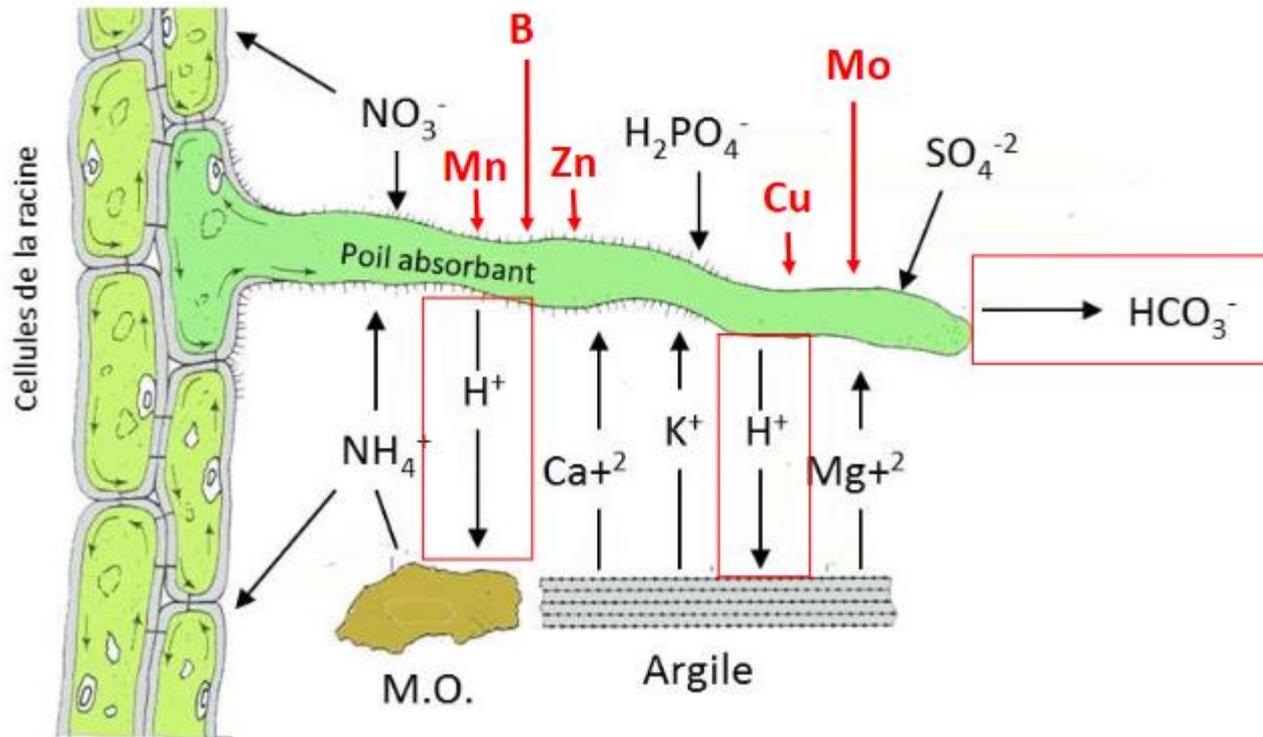


Nutrition et densité racinaire

La probabilité d'une **réponse** positive à la **fertilité** et à la **fertilisation** d'entretien de la culture dépend de la probabilité des **racines** de pouvoir **intercepter les éléments nutritifs** en réserve dans le sol, et apportés par la fertilisation.

Ce principe est encore plus vrai pour les éléments mineurs qui sont présent dans le sol en très petites quantités.

Absorption des éléments nutritifs par les poils absorbants

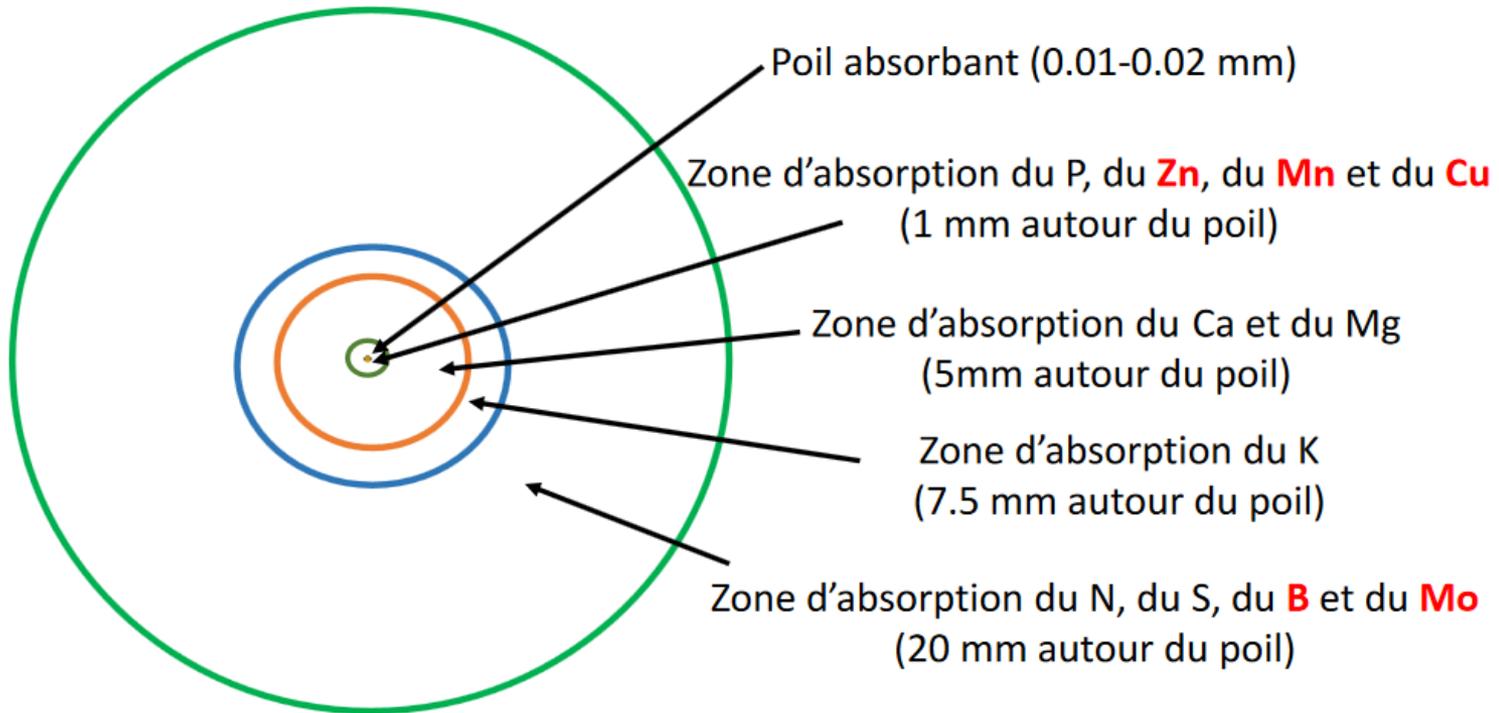


Source: Soils - An introduction to soils and plant growth

Nutrition et densité racinaire

Plus le couvert est dense, plus les racines se touchent et explore le sol

Zone d'absorption des éléments nutritifs par les poils absorbants



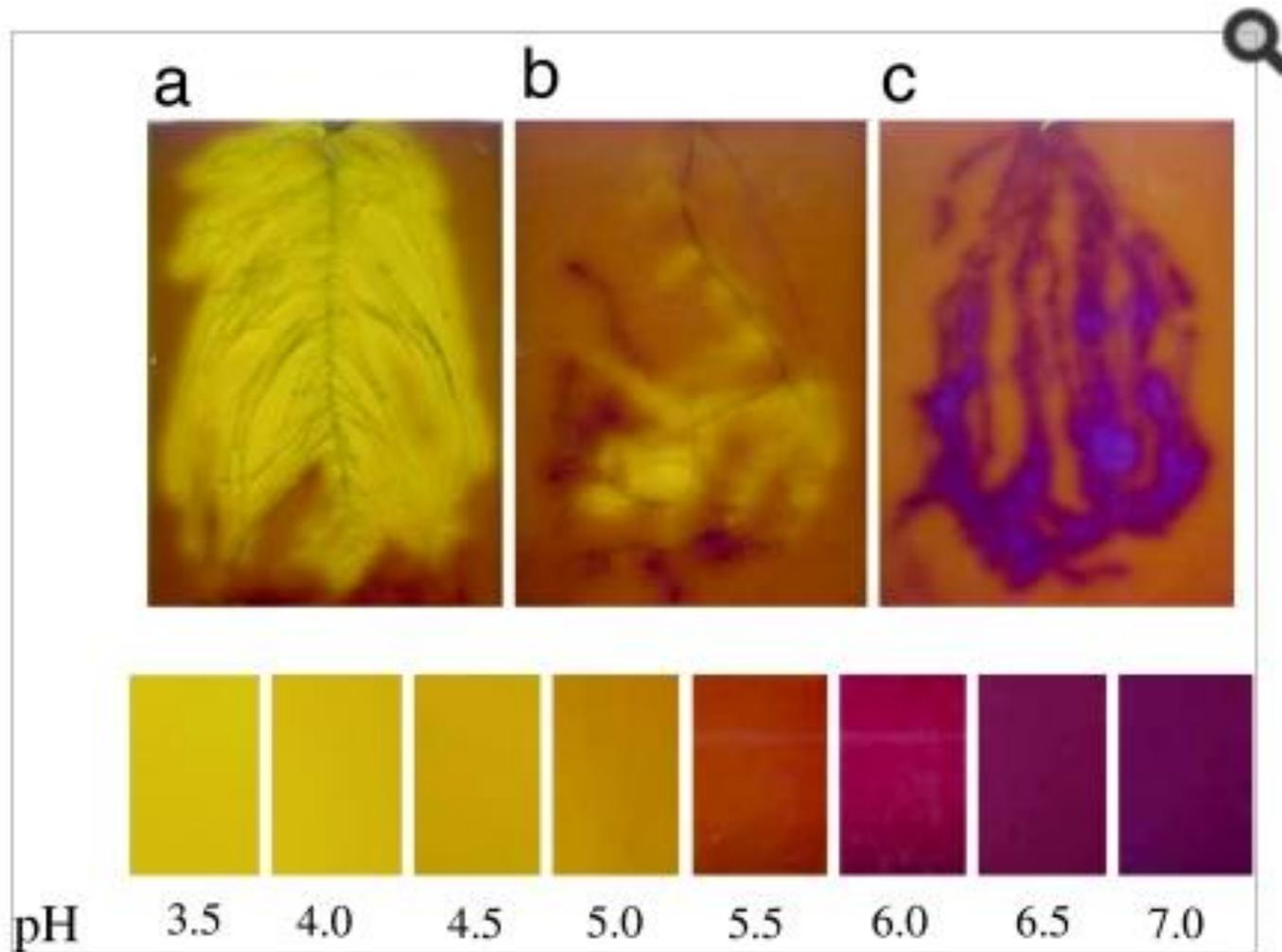
La nutrition du pois de conserve est favorisée en SD en début de culture car la totalité des racines sont réparties dans l'horizon 0-10 cm; horizon riche en éléments nutritifs et en processus écologiques (fixation azotée + mycorhization du pois)



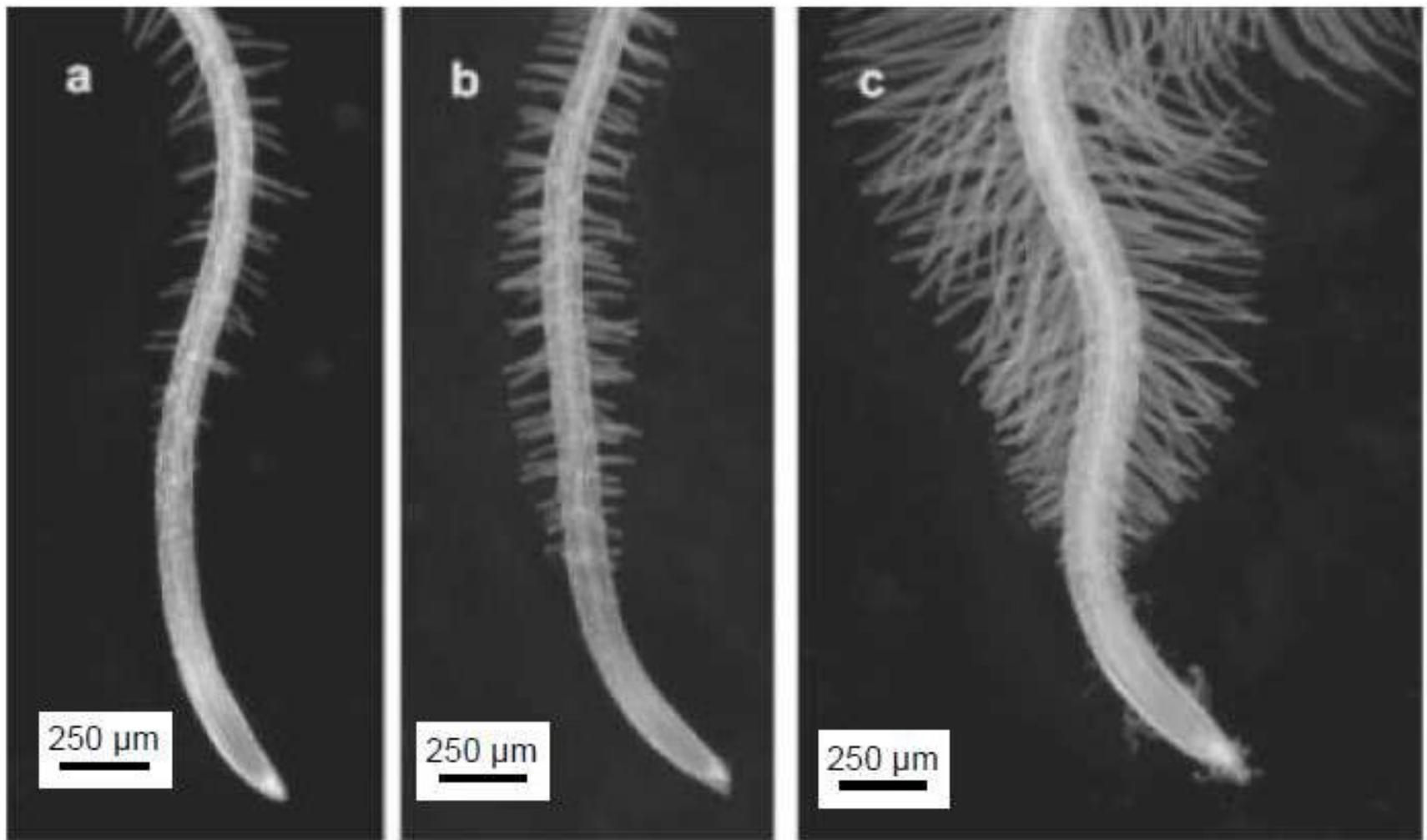
SD



L



Visualization of rhizosphere acidification of faba bean (*a*), soybean (*b*), and maize (*c*). The roots were imbedded for 6 h in agar gel containing a pH indicator (bromocresol purple) without P supply (Greenhouse Study 2). Yellow indicates acidification, and purple indicates alkalization.



Interactions structure compaction du sol - développement racinaire/mycorhization
(et nutrition phosphorique cf infra)

Couvert végétal = loi des avances en éléments nutritifs en provenance du sol

Plus le couvert est développé, plus l'avance en élément nutritif pour la culture principale est forte

**Plus le système est en couverture permanente depuis longtemps
Plus l'avance est forte (arrière effet des couverts végétaux)**

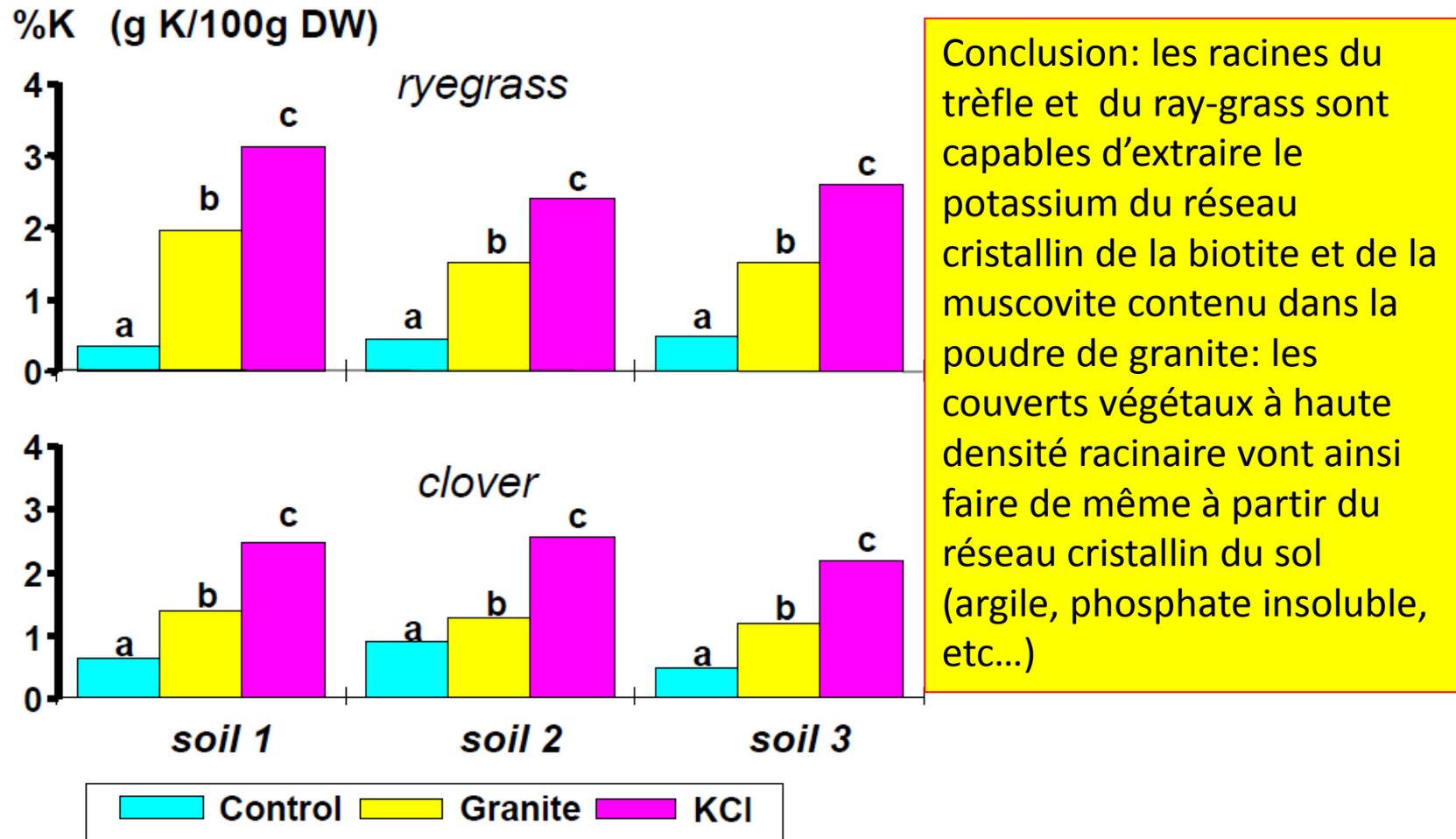


Figure 18. Teneur en K des parties aériennes de ray-grass et trèfle souterrain cultivés en pots pendant 7 semaines sur 3 sols fertilisés ou non avec du granite broyé ou du KCl. Des lettres différentes du témoin (control) indiquent un effet significatif de la fertilisation (au seuil de 1%) (Coroneos et al., 1996) [12]

Couvert végétal = loi des avances en éléments nutritifs en provenance du sol

Plus le couvert est développé, plus l'avance en élément nutritif pour la culture principale est forte

Plus le système est en couverture permanente et semis direct depuis longtemps

Plus l'avance en élément nutritif est forte =

Mise en évidence de l'arrière effet des couverts végétaux sur la nutrition des cultures dans la rotation, même après plusieurs années

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	
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)						

→1/ Introduction: Les 4 phases en Agriculture de Conservation (Protection) des Sols.

→ Les questions et les réponses de gestion sont différentes selon que l'agriculteur est situé à 4, 8, 12 ou 16 ans d'arrêt du labour avec implantation de couverts végétaux réussis.

→ 2/ Remplacement du travail physique du sol par le travail biologique: assurer la verticalité de la structure du sol par la fissuration biologique des racines des couverts

→2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→ Rôle de la densité de semis sur la concentration du CO₂ du couvert

→ 2.2/ Gérer la compaction des sols en sol limoneux

→3/ Assurer la nutrition des cultures par les processus agroécologiques naturels (symbiose, mycorhization, fixation endophytique, extraction d'éléments minéraux insolubles) pour diminuer les coûts de production (financiers)

→ Remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique. Pourquoi ?
→ Effets négatifs de l'azote de synthèse à haute dose sur les processus agroécologiques

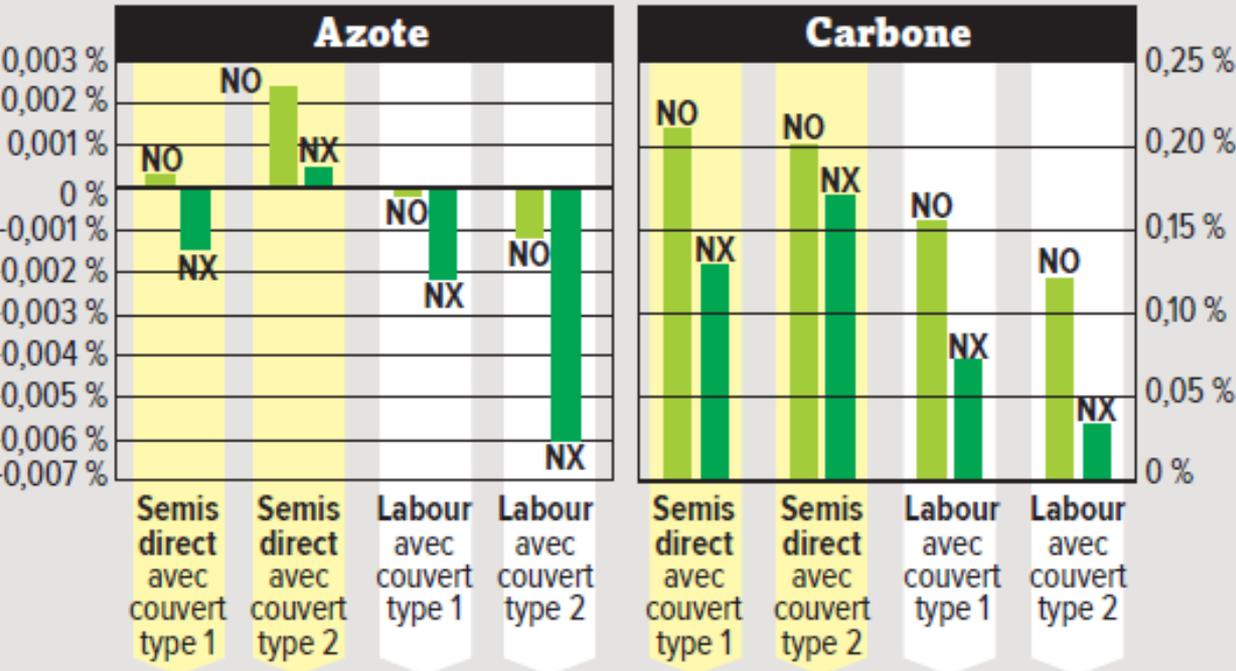
→4/ Importance de la proportion de culture de printemps/cultures d'hiver dans la rotation

→ Pour augmenter la MO via production de couverts à forte biomasse

→ Pour gérer l'enherbement et les maladies via l'alternance de matières actives différentes

Un stock de matière organique plus important dans les systèmes en semis direct

Evolution de la teneur en azote et en carbone en fonction du travail du sol, des couverts végétaux et de la fertilisation azotée de long terme pour quatre systèmes de cultures différents.



NO : valeurs obtenues en absence de fertilisation azotée minérale pendant 5 ans.
NX : valeurs obtenues avec fertilisation azotée minérale (solution azotée N39) appliquée pendant 5 ans et déterminée selon la méthode du bilan.

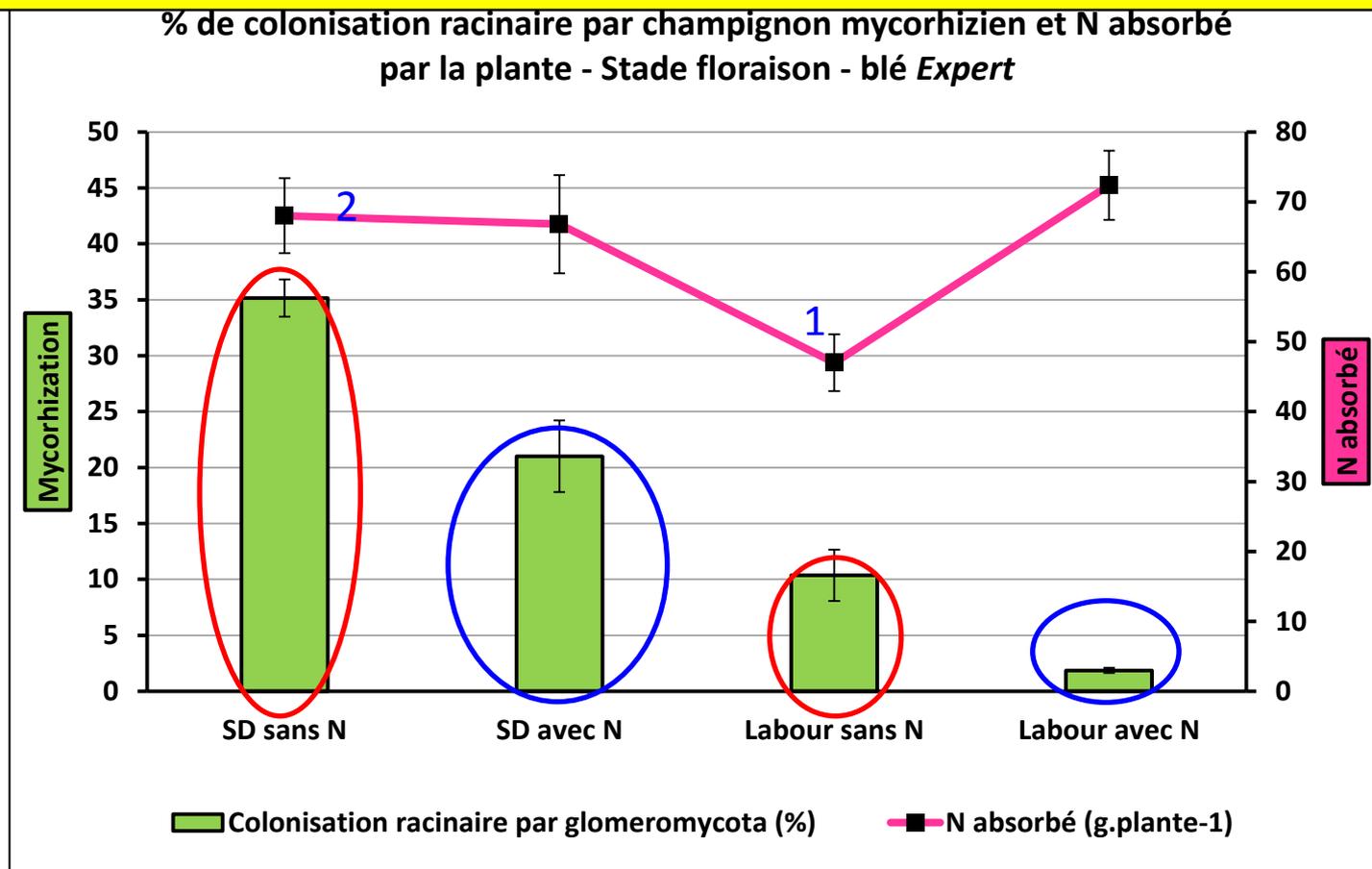
Le couvert type 1 est un mélange de cultures dont la densité de semis d'espèces non légumineuses (avoine, lin et phacélie) est supérieure à la densité de semis des espèces légumineuses (fèverole, vesce, trèfle d'Alexandrie).
 A l'inverse le couvert type 2 est enrichi en espèces légumineuses.

Pois	Haricot	Betterave/10	Maïs	Lin	Blé préc. haricot	Blé préc. bett.	Blé préc. maïs
------	---------	--------------	------	-----	-------------------	-----------------	----------------

$C\% * 1.72 = \%MO$

$0.17 * 1.72 = 0.29\%$

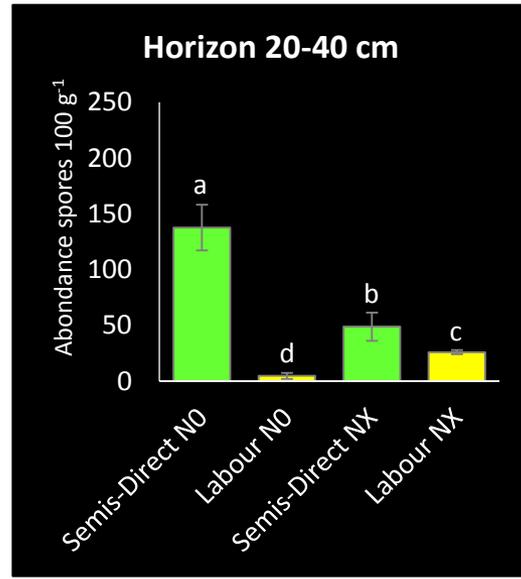
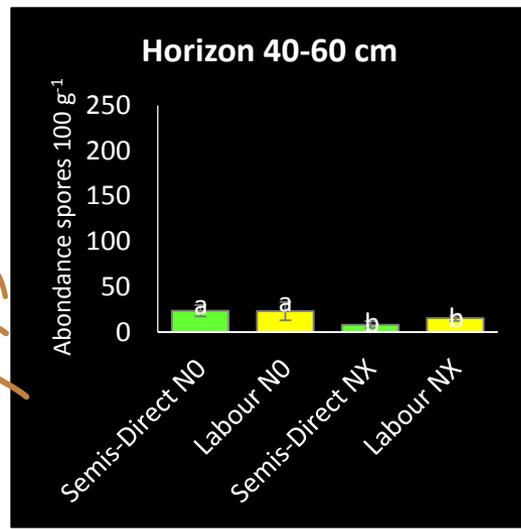
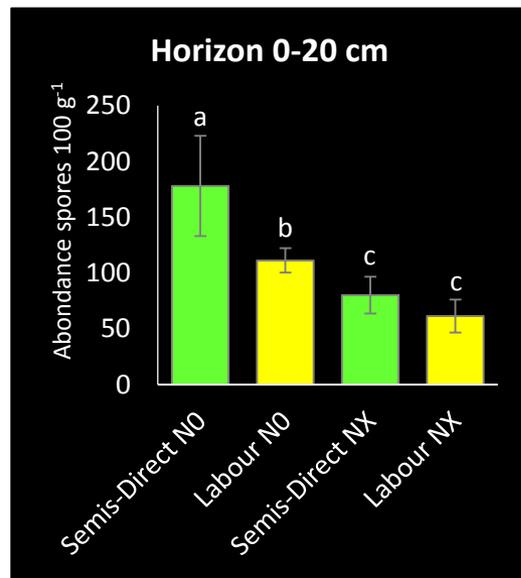
Effet du travail du sol et de la fertilisation à long terme sur la mycorhization du blé , variété *Expert*



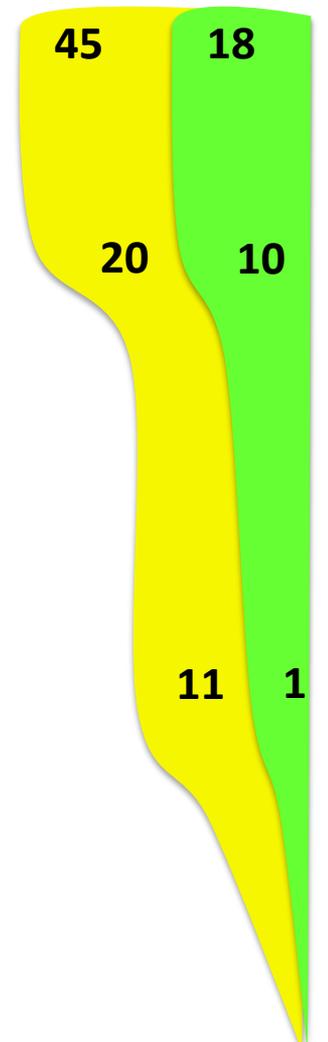
Les histogrammes en vert montrent un effet négatif du labour sur le taux de mycorhization du blé, contrairement au non travail du sol (SD=semis direct) qui favorise la mycorhization. La fertilisation azotée appliquée à long terme diminue également la mycorhization du blé, que ce soit en semis direct ou en mode labour (comparez SD sans N/SD avec N et Labour sans N avec Labour avec N).

La courbe rouge montre qu'en système labour sans fertilisation azotée appliquée pendant 5 ans, le blé n'est pas capable de maintenir un bon niveau de nutrition azotée (1), contrairement au système SD sans fertilisation azotée (2) pour lequel la quantité d'azote absorbée ne varie pas par rapport aux modalités avec fertilisation azotée. En SD le blé est donc capable de se nourrir à partir de l'azote organique du sol absorbé et redistribué au blé par les mycorhizes.

Effet du travail du sol et de la fertilisation azotée long terme sur le stock de spores mycorhiziennes du sol: Même constat, le travail du sol et la fertilisation azotée diminuent la réserve de spores mycorhiziennes du sol.



Reliquats N/ Profondeur
NO₃⁻



→1/ Introduction: Les 4 phases en Agriculture de Conservation (Protection) des Sols.

→ Les questions et les réponses de gestion sont différentes selon que l'agriculteur est situé à 4, 8, 12 ou 16 ans d'arrêt du labour avec implantation de couverts végétaux réussis.

→ 2/ Remplacement du travail physique du sol par le travail biologique: assurer la verticalité de la structure du sol par la fissuration biologique des racines des couverts

→2.1/ Sécuriser l'implantation des couverts végétaux par une densité de semis des couverts végétaux importante (250 plantes/m²) associant Lég et non Lég

→ Rôle de la densité de semis sur la concentration du CO₂ du couvert

→ 2.2/ Gérer la compaction des sols en sol limoneux

→3/ Assurer la nutrition des cultures par les processus agroécologiques naturels (symbiose, mycorhization, fixation endophytique, extraction d'éléments minéraux insolubles) pour diminuer les coûts de production (financiers)

→ Remplacer progressivement l'azote de synthèse par de l'azote biologique. Pourquoi ?

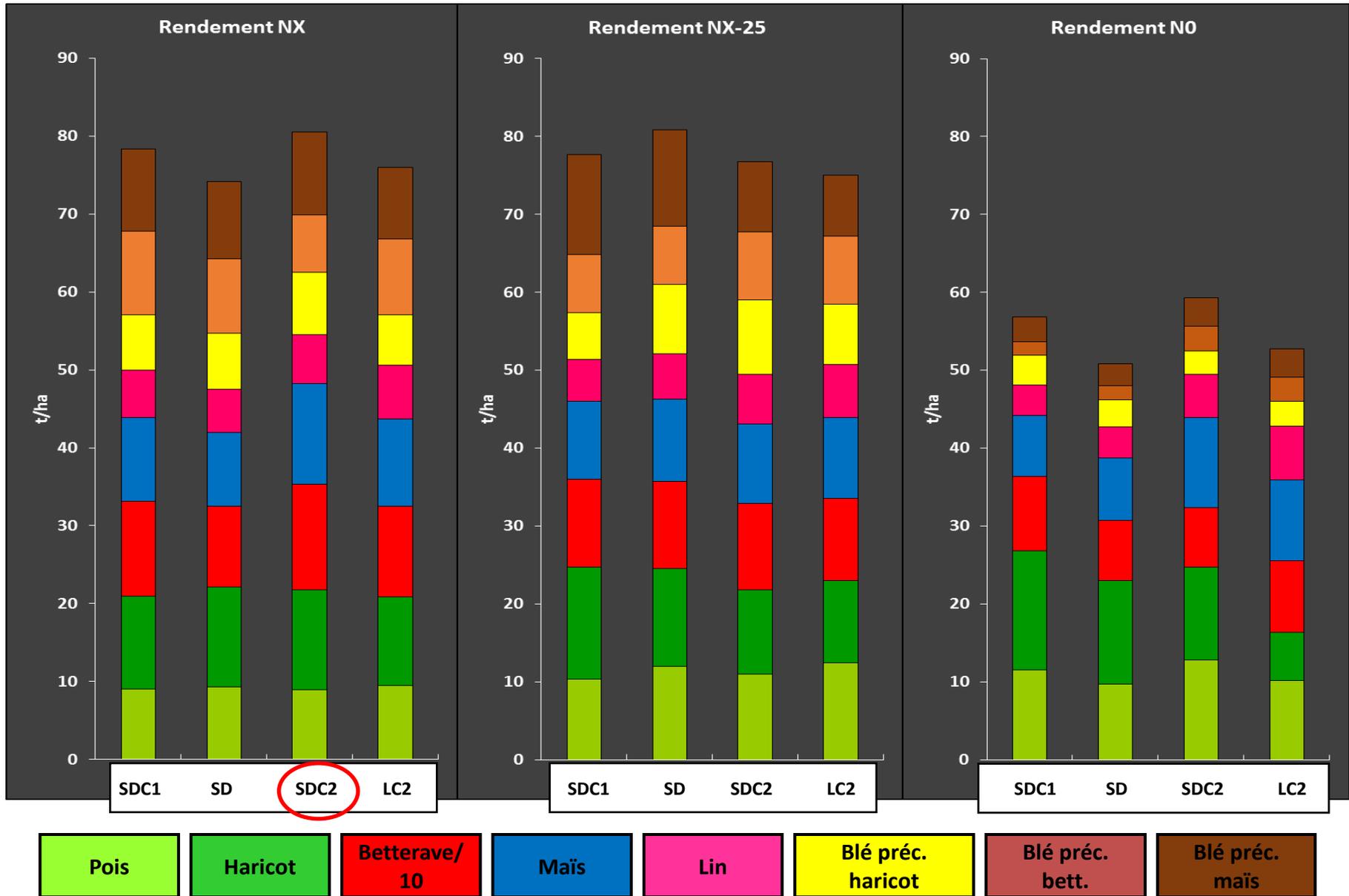
→ Effets négatifs de l'azote de synthèse à haute dose sur les processus agroécologiques

→4/ Importance de la proportion de culture de printemps/cultures d'hiver dans la rotation

→ Pour augmenter la MO via production de couverts à forte biomasse

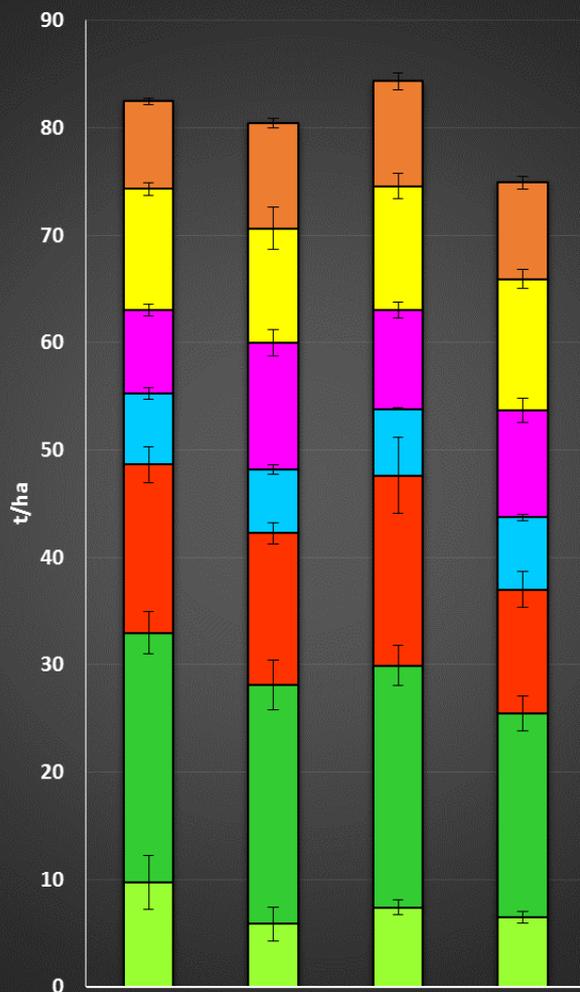
→ Pour gérer l'enherbement et les maladies via l'alternance de matières actives différentes

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

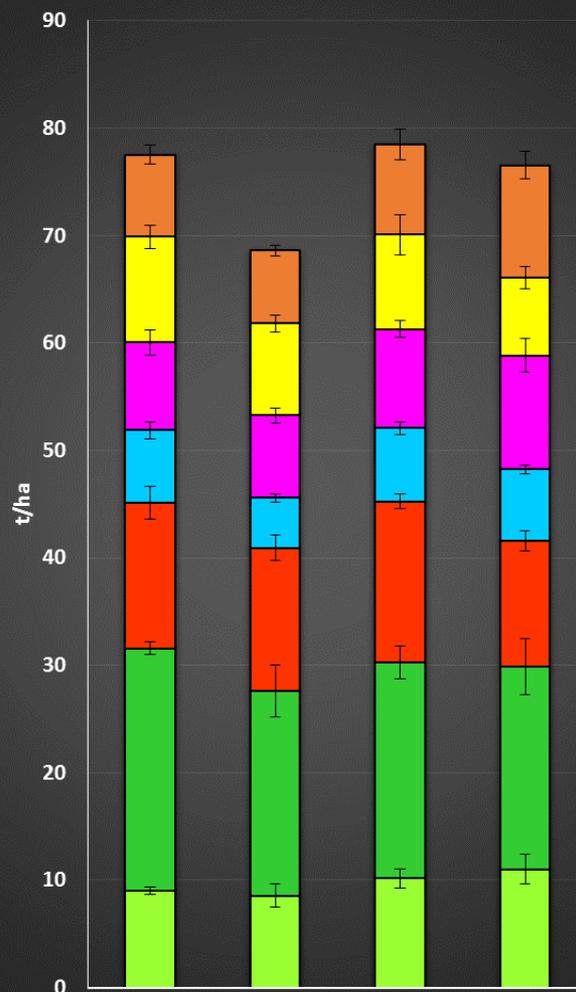


Productivité cumulée par système de culture 2015

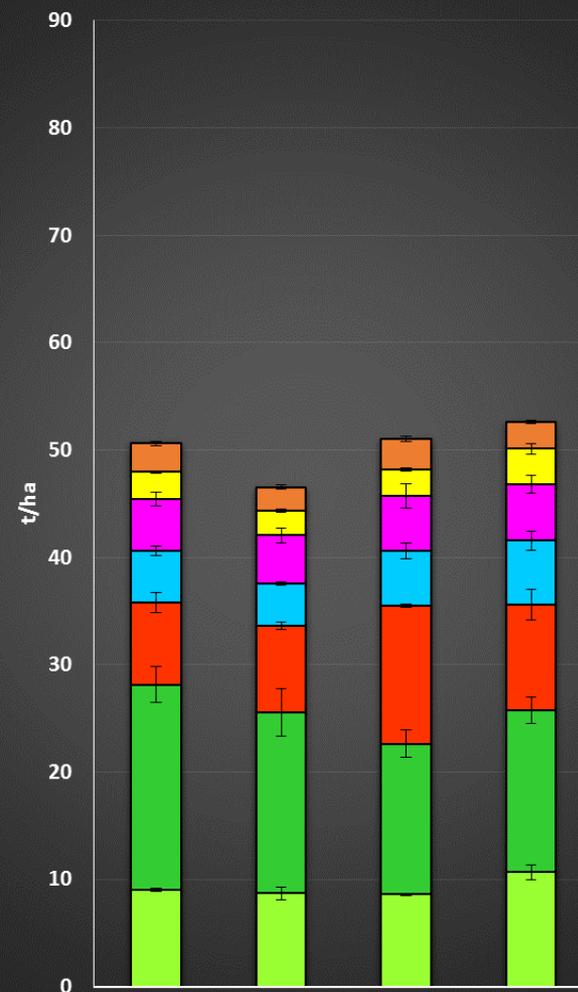
Rendement NX



Rendement NX-25



Rendement N0



pois

haricot

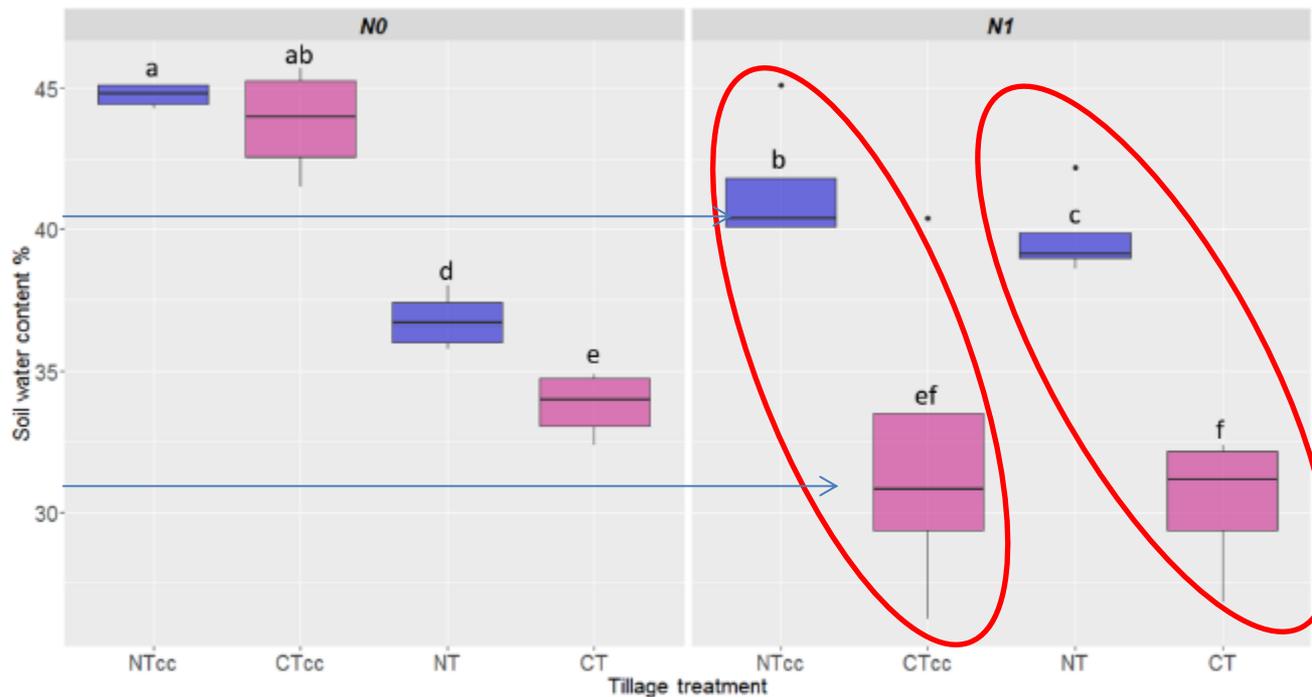
Betterave/10

Blé alternatif

Blé préc.
haricot

Blé préc. bett

Blé préc. maïs



Impacts des pratiques culturales sur la teneur en eau des sols

ACS = Augmentation de la réserve en eau du sol
entraîne amélioration de l'efficacité photosynthétique
d'utilisation de l'azote par les cultures

Conclusion

L'agriculture de conservation des sols :

- (1) augmente les teneurs en C et N du sol, sur l'horizon superficiel et sur l'horizon 0-50 cm,
- (2) inhibe les effets délétères de la fertilisation azotée de synthèse sur les teneurs en C et N du sol ,
- (3) est dépendante de la rotation culturale qui accentue ses effets bénéfiques en conditions de restitution organique importante ,
- (4) augmente les activités enzymatiques déhydrogénase et uréase,
- (5) maintient le cycle biologique des gloméromycètes favorisant la symbiose mycorhizienne et diminuant ainsi le besoin en N de synthèse,
- (6) Les couverts végétaux constituent le secret de la réussite
 - (1) Haute densité de semis
 - (1) Effet augmentation de la concentration en CO₂ avec densité de couvert importante + effet rhizosphérique = processus écologiques majeurs

→ SSI l'abandon total du travail du sol est associé à la couverture végétale permanente (porosité verticale = verticalité de la structure, Cf, publications)



LICENCE PROFESSIONNELLE AGRONOMIE

PARCOURS TYPE

Agronomie, Agroécologie,
Développement Durable

www.u-picardie.fr

UFR DES SCIENCES
Pôle scientifique Saint-Leu AMIENS



INFORMATIONS :

Responsables de la Licence Professionnelle AADD:

Thierry Tétu

thierry.tetu@u-picardie.fr
06 72 50 93 92

Hélène Horen

helene.horen@u-picardie.fr
03 22 82 78 18

Scolarité :

Florie Ragot

florie.ragot@u-picardie.fr
33 Rue Saint-Leu, 80039 AMIENS CEDEX
03 22 82 78 45

Contrats Apprentissage

Stéphanie Simon

stephanie.simon@u-picardie.fr
03 22 82 88 02

Contrats Professionnels

et Formation Continue

Marie-Pascale Caboche

mp.caboche@u-picardie.fr
03 22 80 42 34

Candidature à déposer sur E-CANDIDAT www.u-picardie.fr

