

Sessions digitales



**Rencontres
Techniques**
de Terres Inovia

Fertilité des sols

la favoriser, la mesurer, la piloter

27 Octobre 2022 - 10h00-12h00

Comment favoriser la fertilité ?

Stéphane Cadoux

Terres Inovia

s.cadoux@terresinovia.fr

Assurer les fondamentaux



Perdus dans la fertilité ?

- Processus Complexes
- Interactions nombreuses
- Trous de connaissances

=> S'appuyer sur les acquis et les fondamentaux démontrés !

Les fondamentaux : fertilité physique

Structure du sol poreuse => la base du fonctionnement optimal sol-plante

Colza sur zone non tassée => pivot droit => plante robuste pas impactée par les dégâts d'insectes



Colza sur zone tassée => pivot coudé => plante buissonnante et nanifiée en raison de dégâts d'insectes

Sessions digitales



**Rencontres
Techniques**
de **Terres Inovia**

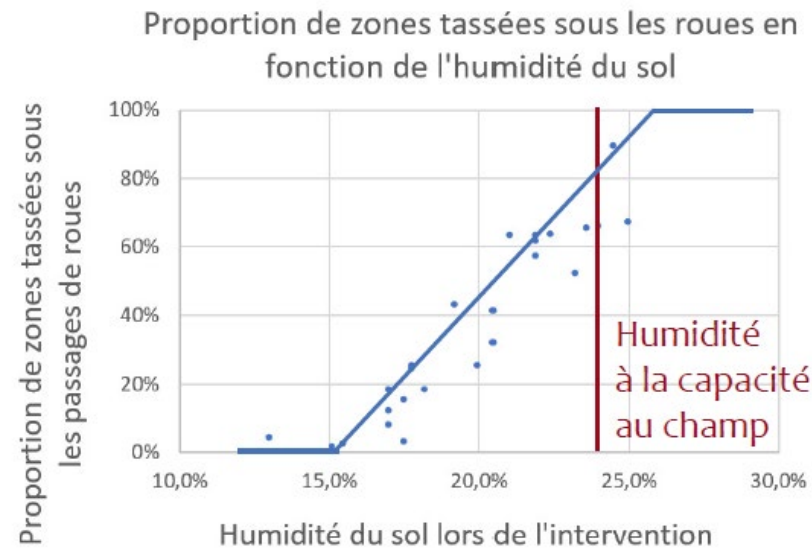
27/10/2022

Webinaire Fertilité des sols – 27 octobre 2022

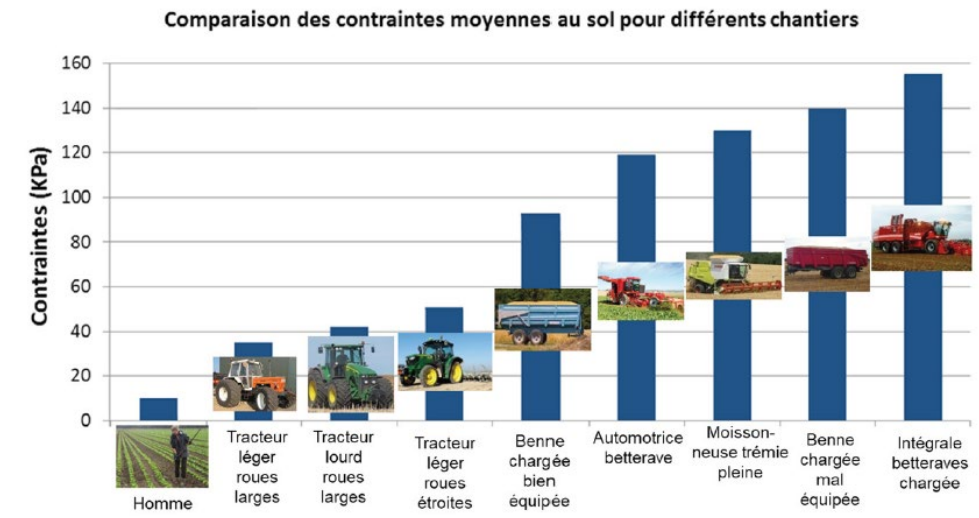
Les fondamentaux : fertilité physique

Assurer une structure du sol poreuse :

- Eviter les tassements
 - ✓ Pas d'interventions en conditions humides
 - ✓ Augmenter la surface de contact sol-pneu pour limiter les tassements de surface
 - ✓ Limiter les charges par essieu pour éviter les tassements profonds



Boizard et al. 2002



Source Agro-transfert RT

Les fondamentaux : fertilité physique

Assurer une structure du sol poreuse :

- Eviter les tassements
- Maintenir la structure du sol
 - ✓ Couverts d'interculture
 - ✓ Favoriser l'activité biologique



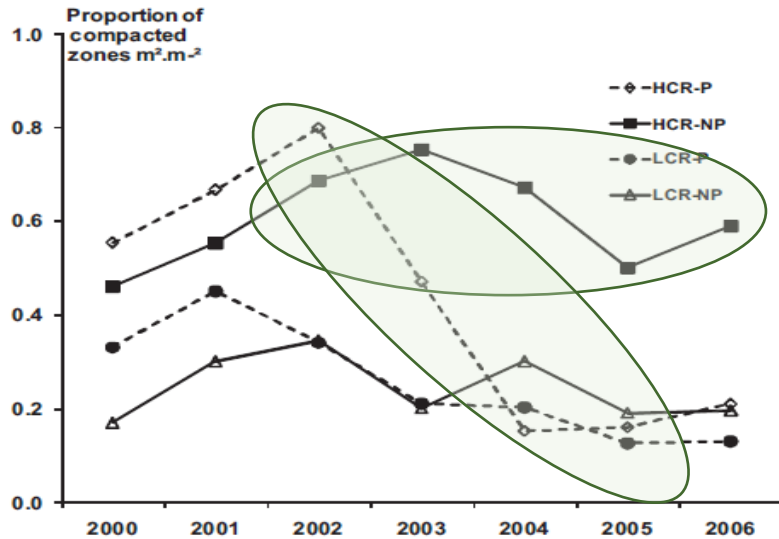
Les fondamentaux : fertilité physique

Assurer une structure du sol poreuse :

- Eviter les tassements
- Maintenir la structure du sol
- Restructurer les sols tassés



Diagnostic ⇒ Prise de décision



Régénération lente en l'absence de travail du sol

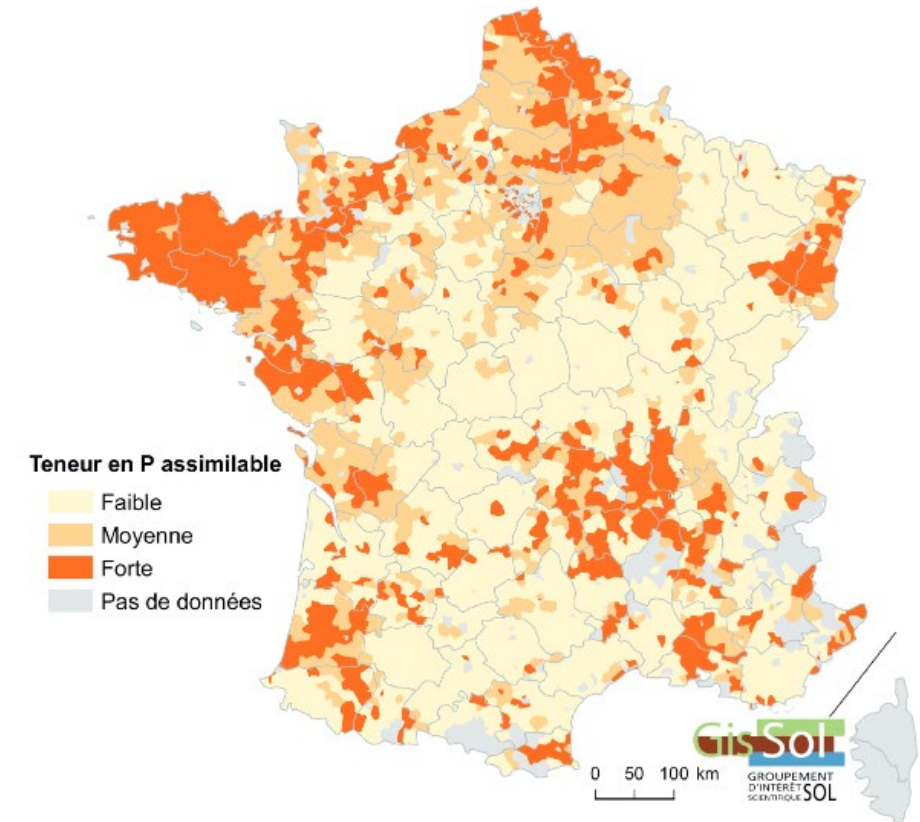
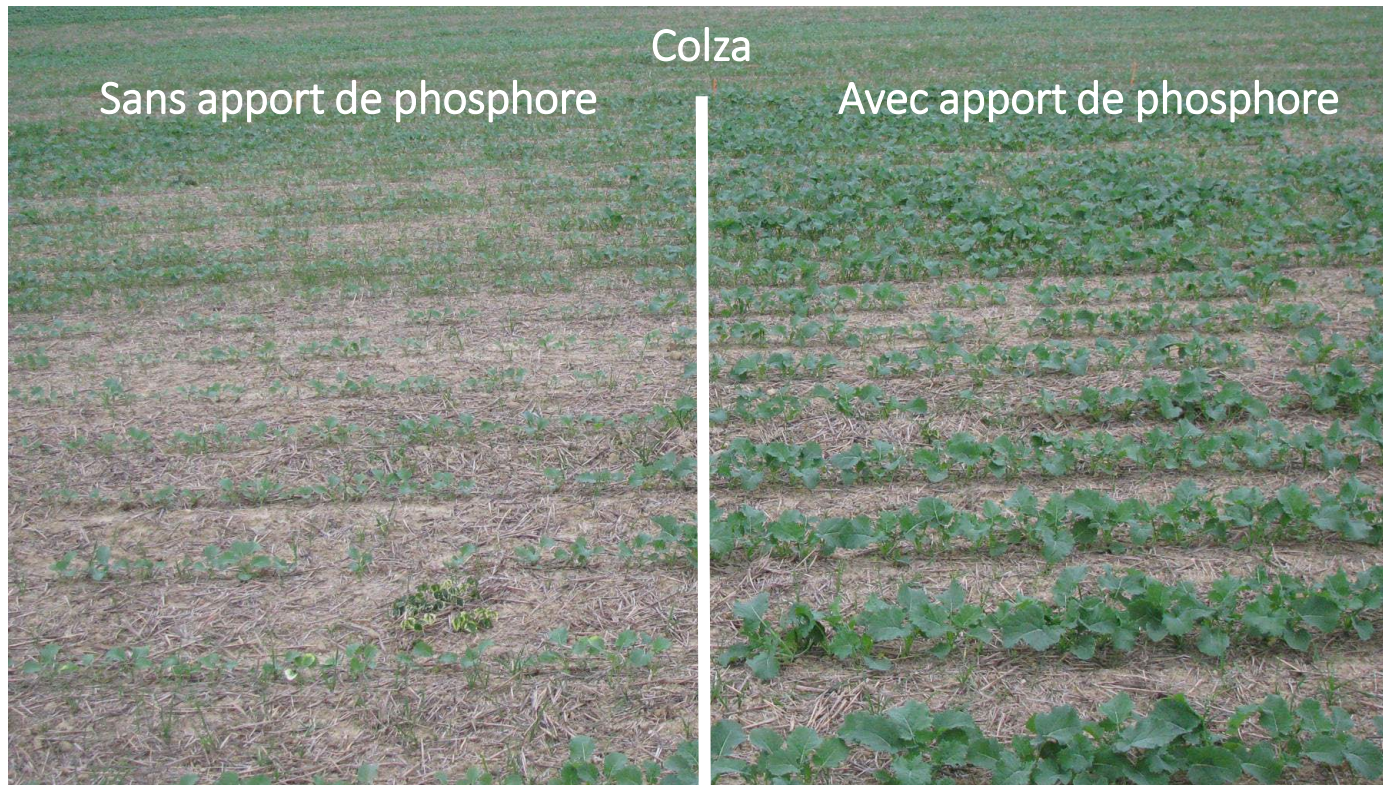
Régénération rapide avec travail du sol

		Etat interne des mottes		
		Poreux (Gamma Γ)	Fissuré (Phy Φ, lamellaire P)	Tassé (Delta Δ)
Etat général du bloc prélevé	Ouvert (terre fine)	Non travail possible	Non travail possible	Peu probable
	Bloc (mottes décimétrique)	Non travail possible	Sur 10-20 cm uniquement Non travail possible	Sur 0-10 cm uniquement Travail du sol préférable sur 0-10 cm
			Sur 0-10 cm Travail du sol préférable sur 0-10 cm	Sur 0-20 cm ou 10-20 cm Travail du sol préférable sur 0-20 cm
Continu (monobloc)	Situations rares de sol non travaillé depuis de nombreuses années fortement rattachés mais non tassés	Sur 0-10 cm uniquement Travail du sol préférable sur 0-10 cm Sur 0-20 cm ou 10-20 cm Travail du sol préférable sur 0-20 cm	Sur 0-10 cm uniquement Travail du sol nécessaire sur 0-10 cm Sur 0-20 cm ou 10-20 cm Travail du sol nécessaire sur 0-20 cm	

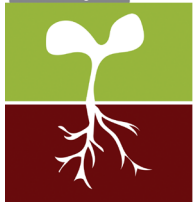
Exemple travail du sol colza
(point techniques colza robuste Terres Inovia)

Les fondamentaux : fertilité chimique

Assurer la disponibilité des principaux éléments quand la plante en a besoin



Sessions digitales



**Rencontres
Techniques**
de Terres Inovia

27/10/2022

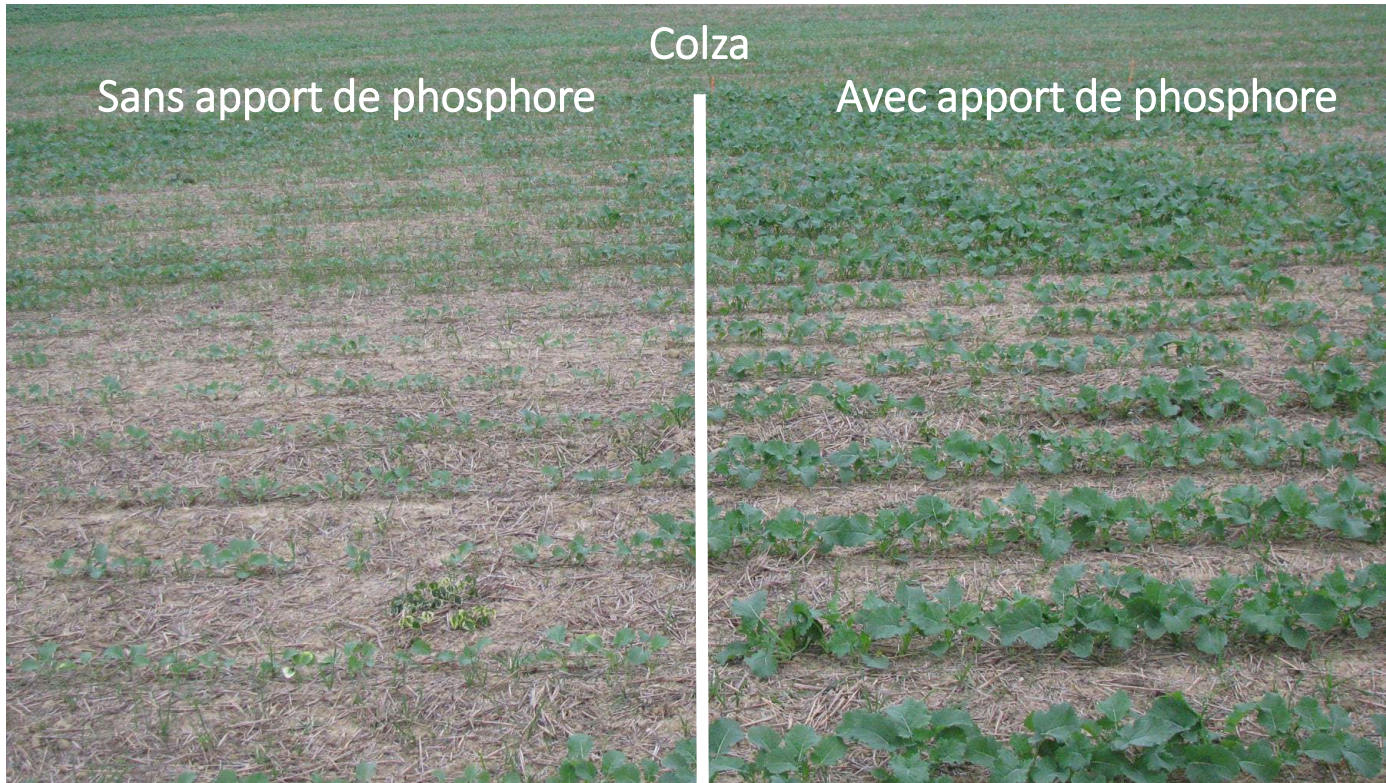
Le 1er octobre 2008, Lagardelle sur Lèze (31)

Source : Gis Sol, BDAT, 2011 ; IGN, Geofla®, 2006.

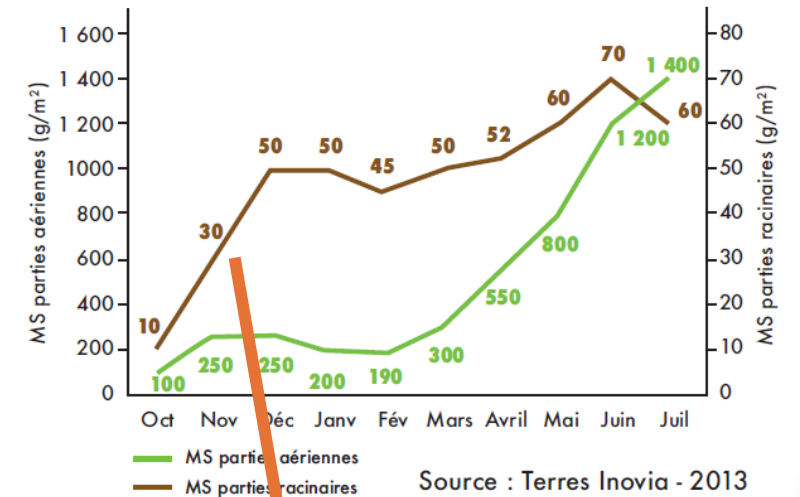
Webinaire Fertilité des sols – 27 octobre 2022

Les fondamentaux : fertilité chimique

Assurer la disponibilité des principaux éléments quand la plante en a besoin



Accumulation comparée de matière sèche (MS) des parties aériennes et racinaires du colza



Exemple colza : importance de la disponibilité en P à l'automne

Sessions digitales



**Rencontres
Techniques**
de Terres Inovia

27/10/2022

Le 1er octobre 2008, Lagardelle sur Lèze (31)

Webinaire Fertilité des sols – 27 octobre 2022

Les fondamentaux : fertilité chimique

Prévenir les carences les plus fréquentes / importantes

Tableau 12 : exigence des cultures en phosphore et enjeux sur le rendement

Niveau d'exigence en phosphore	Cultures	Pertes moyennes de rendement en régime d'impassé dans les essais, et conséquence sur les conseils
Forte exigence	Betterave sucrière	15 à 30 % Conseils d'impassé annuelle très limités, en sol à teneur très élevée
	Colza	
	Luzerne	
	Pomme de terre	
Moyenne exigence	Blé dur, Blé de blé, Orges	10 à 15 %
	Mais fourrage	
	Pois protéagineux	
	Graminées fourragères	
Faible exigence	Maïs grain, Blé tendre	5 à 10 % Conseils d'impassé annuelle plus fréquents, selon la teneur du sol
	Tournesol	

Tableau 15 : exigence des cultures en potassium et enjeux sur le rendement

Niveau d'exigence en potassium	Cultures	Pertes moyennes de rendement en régime d'impassé dans les essais, et conséquence sur les conseils
Forte exigence	Betterave sucrière, Pomme de terre	20 à 40 % Conseils d'impassé annuelle très limités, en sol à teneur très élevé
Moyenne exigence	Colza, Mais fourrage, Maïs grain, Pois protéagineux, Luzerne, Cultures fourragères	9 à 20 %
Faible exigence	Blé tendre, Blé dur, Orges, Tournesol	3 à 8 % Conseils d'impassé annuelle plus fréquents, selon la teneur du sol

Tableau 19 : Principales carences observées en grandes cultures.
Sources ARVALIS, Terres Inovia, ITB

Carence	Manganèse		Cuivre		Zinc		Bore		Molybdène		Fer	
	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité
Blé tendre	★★	★★★	★	★★★	○	○	○	○	○	○	○	○
Orge	★★	★★★	★	★★★	○	○	○	○	○	○	○	○
Mais	★	★★	(★)	★★	★	★★★	○	○	○	○	○	○
Colza	(★)	★	○	○	○	○	★	★★	★	★★	○	○
Tournesol	○	○	○	○	○	○	★★	★★	★	★★	○	○
Betterave	★	★★	○	○	○	○	★	★★★	○	○	○	○
Lin	○	○	○	○	★	★★★	○	○	○	○	○	○
Pomme de terre	(★)	★	○	○	(★)	★	(★)	★★	○	○	○	○
Pois de printemps	(★)	★	○	○	○	○	○	○	(★)	★	★	★★
Féverole	○	○	○	○	○	○	★	★★	○	○	○	○
Soja	(★)	★	○	○	○	○	○	○	○	○	★	★★

Fréquence

★★★★ Très fréquent
 ★★★ Fréquent
 ★★ Assez fréquent
 ★ Rare
 (★) Exceptionnel
 ○ Absent

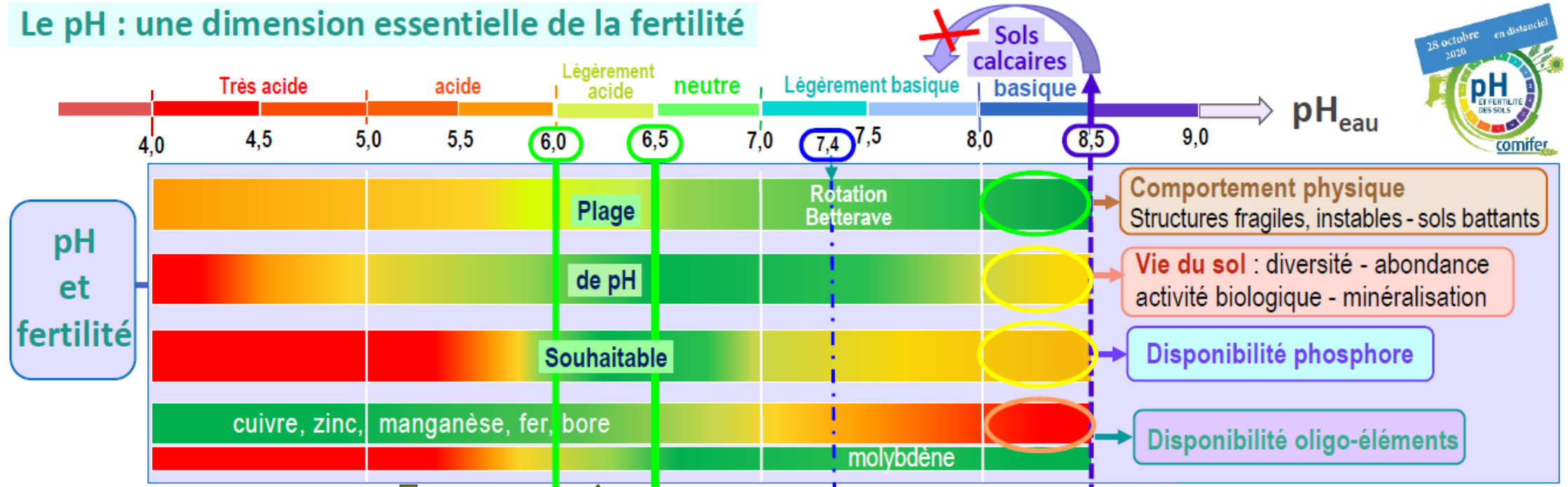
Intensité (dégâts)

★★★ Dégâts élevés.
 ★★ Quelques quintaux
 ★ Symptômes visuels sans conséquence
 (★) Quelques symptômes visuels fugaces
 ○ Aucun dégât

Sessions digitales

Les fondamentaux : fertilité chimique

Le pH : une dimension essentielle de la fertilité



Source : webinaire COMIFER 28 octobre 2022

Brochures chaulage :

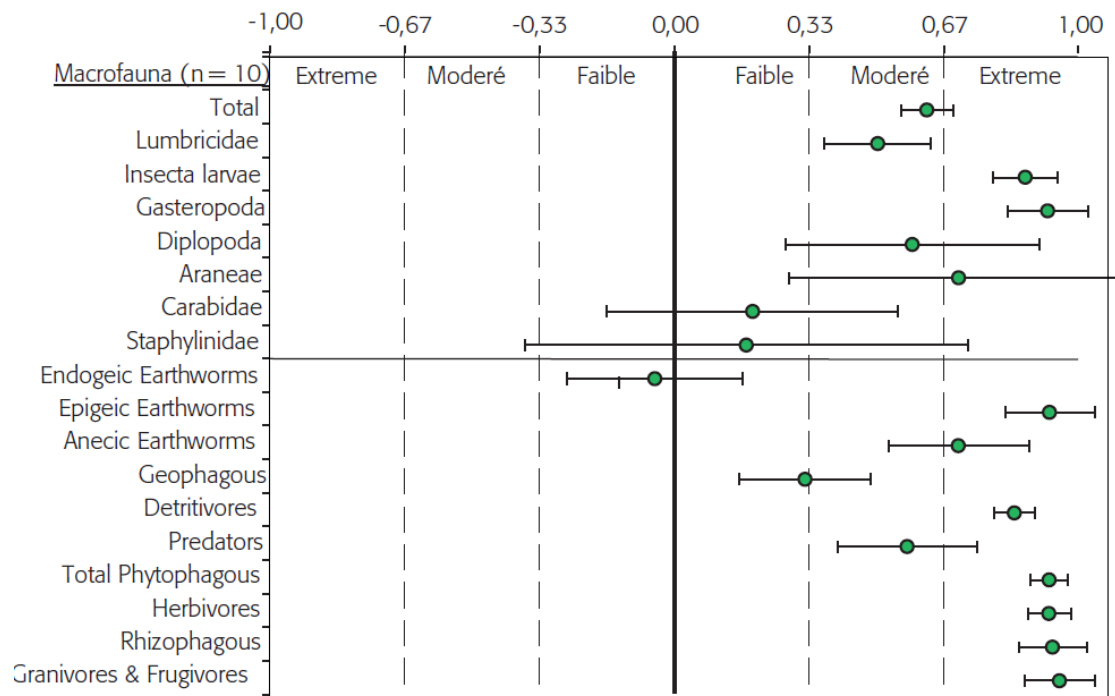
https://comifer.asso.fr/images/publications/brochures/brochure_chaulage%20maj%202012_chaulage%20lt.pdf

<https://www.editions-arvalis.fr/le-chaulage-en-grandes-cultures-et-prairies-@/view-348-arveditions.html>

Sessions digitales

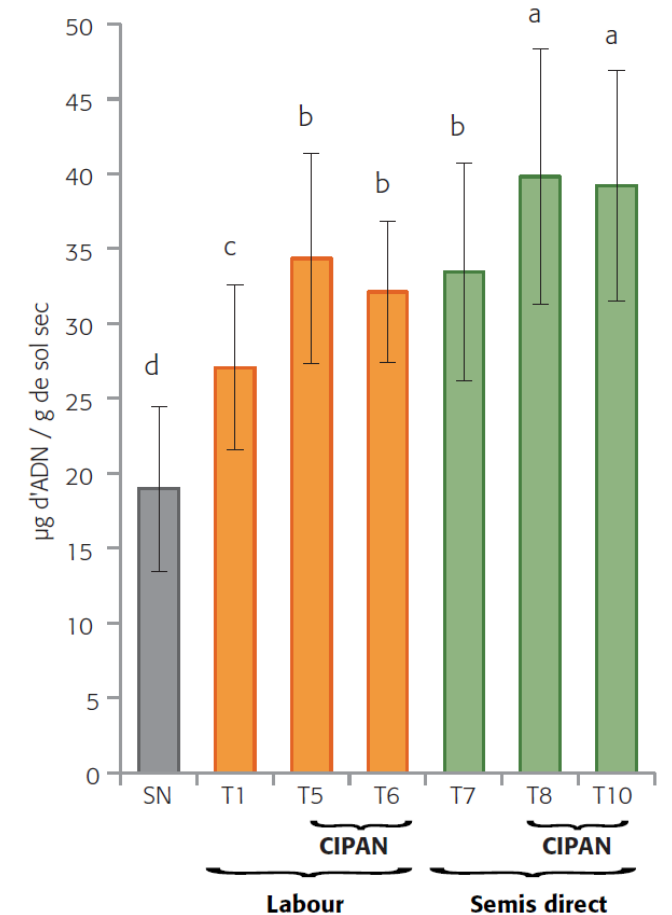
Les fondamentaux : fertilité biologique

Couverts végétaux et réduction de travail du sol



Indice du niveau de réponse système SCV VS conventionnel

Essai La Cage Versailles, Bouthier *et al.* 2014, d'après Henneron *et al.* 2014






Biomasse microbienne essai Boigneville
Bouthier *et al.* 2014

Les fondamentaux : fertilité biologique

Effet positif majeur des produits organiques (PRO)

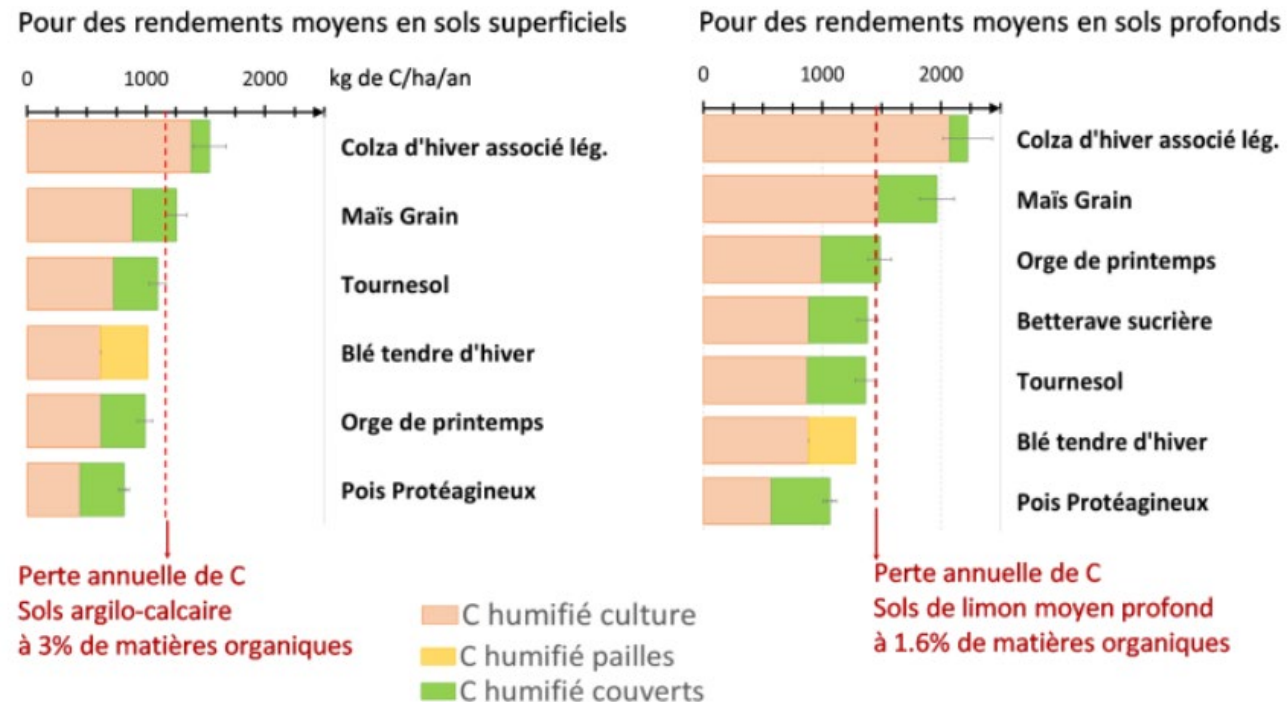
Indicateurs du Menu Microbioterre		PRO	Couverts intermédiaires	Réduction travail du sol	Rotation	Systèmes de culture	
Indicateurs physico-chimiques	Carbone	C org (%)	16%	6%	2%	2%	4%
		C 0-50 (%)	-4%	-3%	-2%	1%	-1%
		C 50-200 (%)	35%	42%	3%	-5%	10%
		C 200-2000 (%)	16%	27%	10%	-3%	13%
		C 50-2000 (%)	27%	37%	22%	-4%	10%
		C labile oxydé (mg/kg)	32%	2%	6%	13%	7%
	Azote	N total (%)	19%	5%	4%	13%	5%
		N 0-50 (%)	-3%	0%	0%	1%	-1%
N 50-200 (%)		40%	10%	6%	-8%	10%	
N 50-2000 (%)		34%	6%	5%	-12%	13%	
Indicateurs microbiologiques	Abondance	Biomasse microbienne (mg/kg)	38%	7%	7%	23%	20%
		18S (copies/g)	82%	29%	42%	65%	4%
	Activités	ABM (mg/kg)	36%	12%	-1%	8%	1%
		Protéase (nmol/min/g)	26%	11%	-9%	7%	15%
		Leucine amino-peptidase (nmol/min/g)	22%	9%	1%	18%	12%
		Arylamidase (nmol/min/g)	36%	17%	10%	30%	21%
		Glucosidase (nmol/min/g)	11%	-6%	-20%	24%	14%

 Pratique culturale impactant *positivement* l'indicateur
 Pratique culturale *influençant peu* l'indicateur
 Pratique culturale impactant *négativement* l'indicateur

Les fondamentaux : le stock de MO

Plus d'entrée de carbone (humification résidus) que de sorties (minéralisation MO)

Carbone humifié pour différentes cultures et couverts

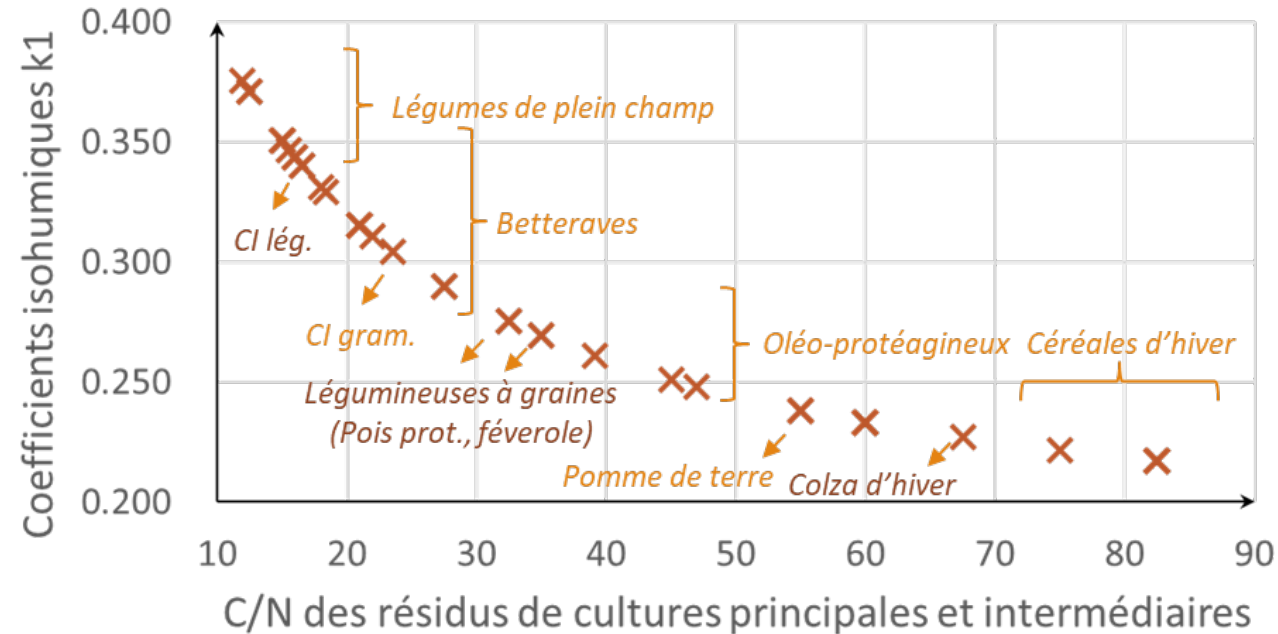


- ✓ Cultures à fortes restitutions
- ✓ Restitution des pailles
- ✓ Contribution significative des couverts d'interculture

Sessions digitales

Les fondamentaux : le stock de MO

Restituer des résidus à faible C/N



- ✓ Masse C humifié = masse C restitué x taux d'humification (k_1)
- ✓ Contrairement aux idées reçues, plus le C/N est faible, plus le taux d'humification est élevé
- ✓ Outil pour estimer le stockage de C => <http://www.simeos-amg.org/>

Source : Mouny et Perrin 2021, d'après Justes *et al.* 2009

Les pratiques-clé : couverts végétaux

La stratégie gagnant-gagnant



Biomasse $\geq 2t$ MS/ha
C/N < 15

=> Mélange légumineuses / non légumineuses

Protection du sol vis-à-vis
de la battance et de
l'érosion



Stockage de Carbone et
d'azote dans le sol



Restitution d'azote (effet
engrais vert)



Maintien ou amélioration
de la structure du sol



Stimulation de l'activité
biologique du sol

Sessions digitales



**Rencontres
Techniques**
de Terres Inovia

27/10/2022

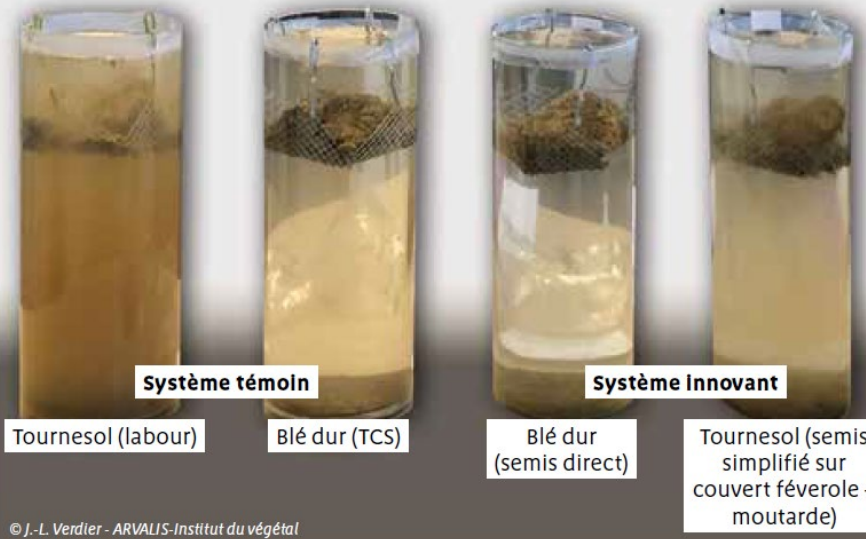
Webinaire Fertilité des sols – 27 octobre 2022

Les pratiques-clé : couverts végétaux

Combiné à la réduction de travail du sol => effet de limitation de l'érosion

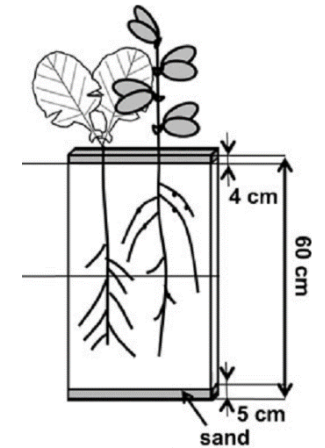
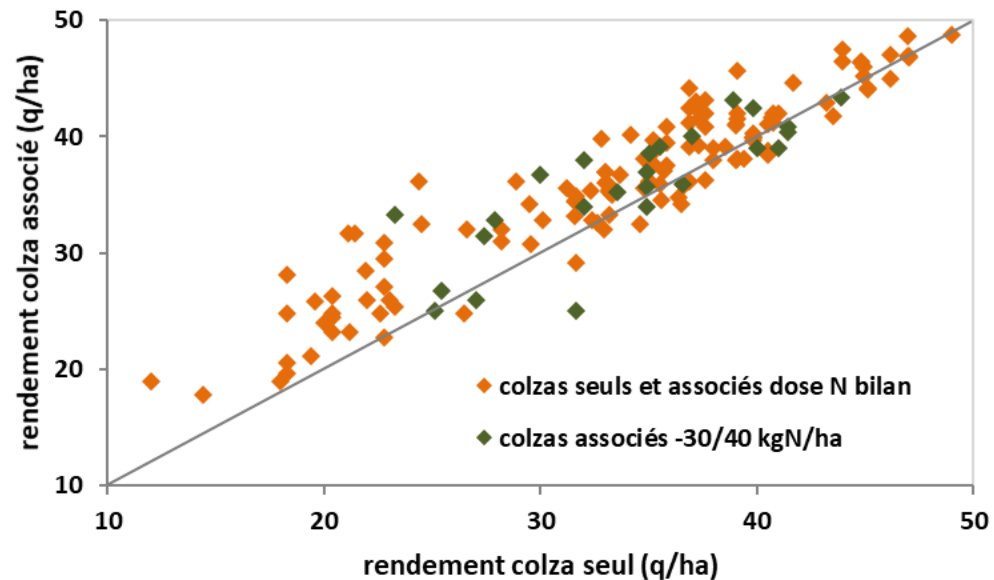


Des mottes sèches de terre de la plateforme Syppre du Lauragais ont été immergées dans une colonne d'eau. La dispersion des mottes et la turbidité de l'eau renseignent sur la stabilité structurale du sol.



Les pratiques-clé : les légumineuses

Exemple des colzas associés



Jamont *et al.* 2013

- ✓ ↗ concentration azote l'automne (Cadoux et al. 2015, Verret et al. 2017) non liée à un transfert de la légumineuse (Jamont *et al.* 2013)
 - ✓ Effet azote au printemps liés à la minéralisation des couverts ET à l'augmentation de l'efficacité des apports d'azote (Lorin et al. 2016)
 - ✓ Déplafonnement de rendement dans certaines situations ($\approx +2,5$ q/ha dans le réseau Berry)
- => meilleur enracinement ?

Les pratiques-clé : les légumineuses

Exemple des couverts semi-permanents

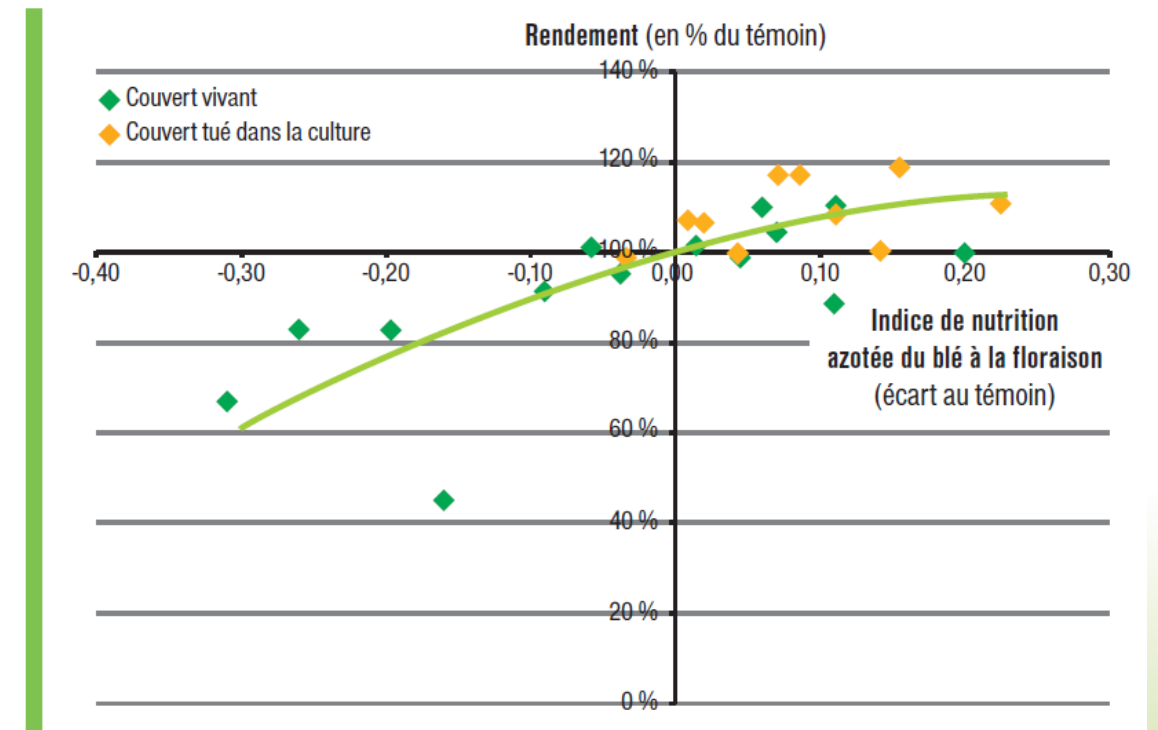
↗ INN et déplafonnement de rendements blé sous couvert dans certaines situations (essais Arvalis, Labreuche *et al.* 2018)

=> effet azote

=> meilleur enracinement ?

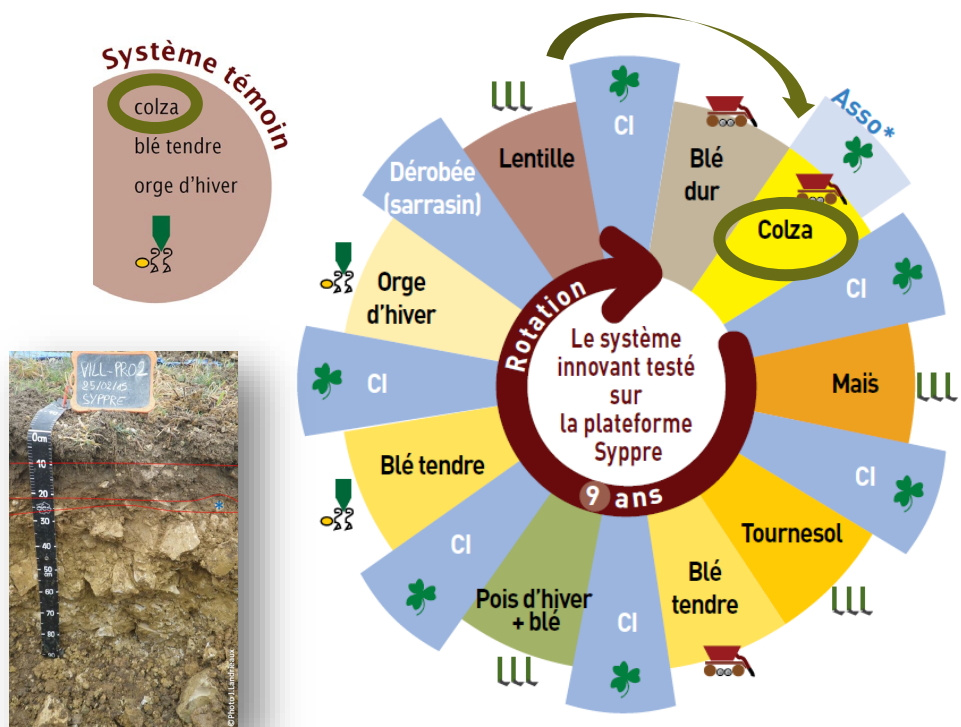


NUTRITION AZOTÉE : l'effet des couverts sur l'INN est corrélé à l'effet sur le rendement



Les pratiques-clé : les légumineuses

Exemple Syppre Berry : bénéfice des légumineuses en couverts et cultures principales



colza	2018		2020	
	témoin	innovant	témoin	innovant
Semis	11/08 Colza + fév./fenugrec		09/08 Colza + fév./fen./TA	
Biomasse colza EH (kg/m²)	0,4	1,1	1,0	2,3
IFT insecticide	2,4	0,4	1,5	1,5
Rdt (q/ha)	28	33	19	23
Marge (€/ha)	419	674 (+61%)	220	475 (+116%)

Nb : colza non levé en 2019, remplacé dans les 2 systèmes

=> Effet système et/ou précédent lentille/blé dur bénéfique à la croissance et la robustesse du colza

Bilan comment favoriser la fertilité ?

Assurer les fondamentaux démontrés :

- ✓ Assurer / préserver une structure du sol poreuse
- ✓ Assurer la disponibilité en éléments minéraux les plus impactant
- ✓ Corriger les pH acides
- ✓ Assurer au moins autant d'entrée de carbone que de sorties...

Développer les pratiques-clés et les stratégies gagnant-gagnant :

- ✓ Couverts d'interculture
- ✓ Apports de PRO
- ✓ Légumineuses en couverts et en cultures
- ✓ Réduire le travail du sol en lien avec les exigences des cultures et la structure du sol
- ✓ Combiner les différents leviers dans des stratégies cohérentes et des systèmes de culture équilibrés...

Adapter les pratiques aux spécificités et problématiques locales : s'appuyer sur les démarches et outils d'accompagnement (imaginer, tester, évaluer, améliorer) => présentations suivantes