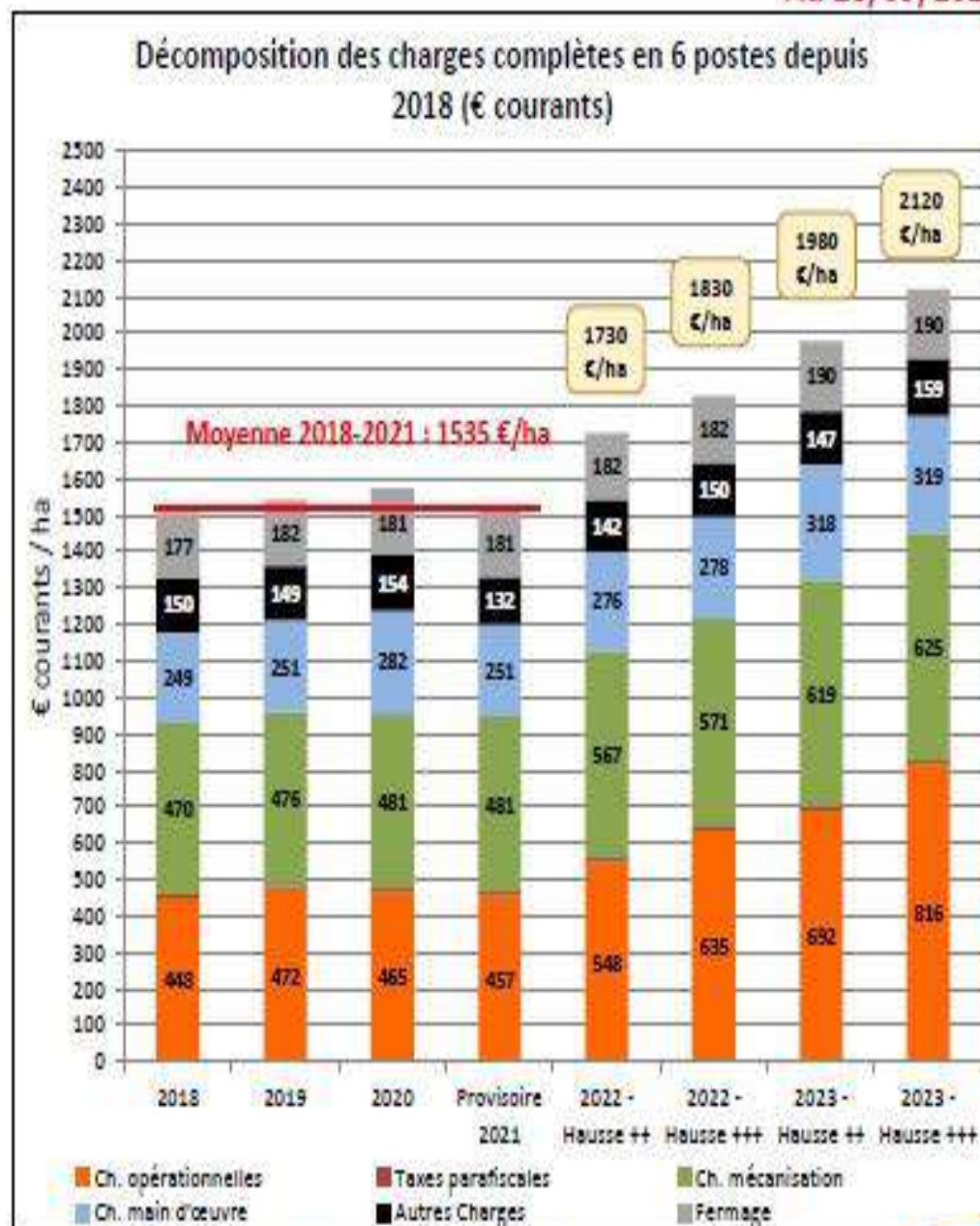


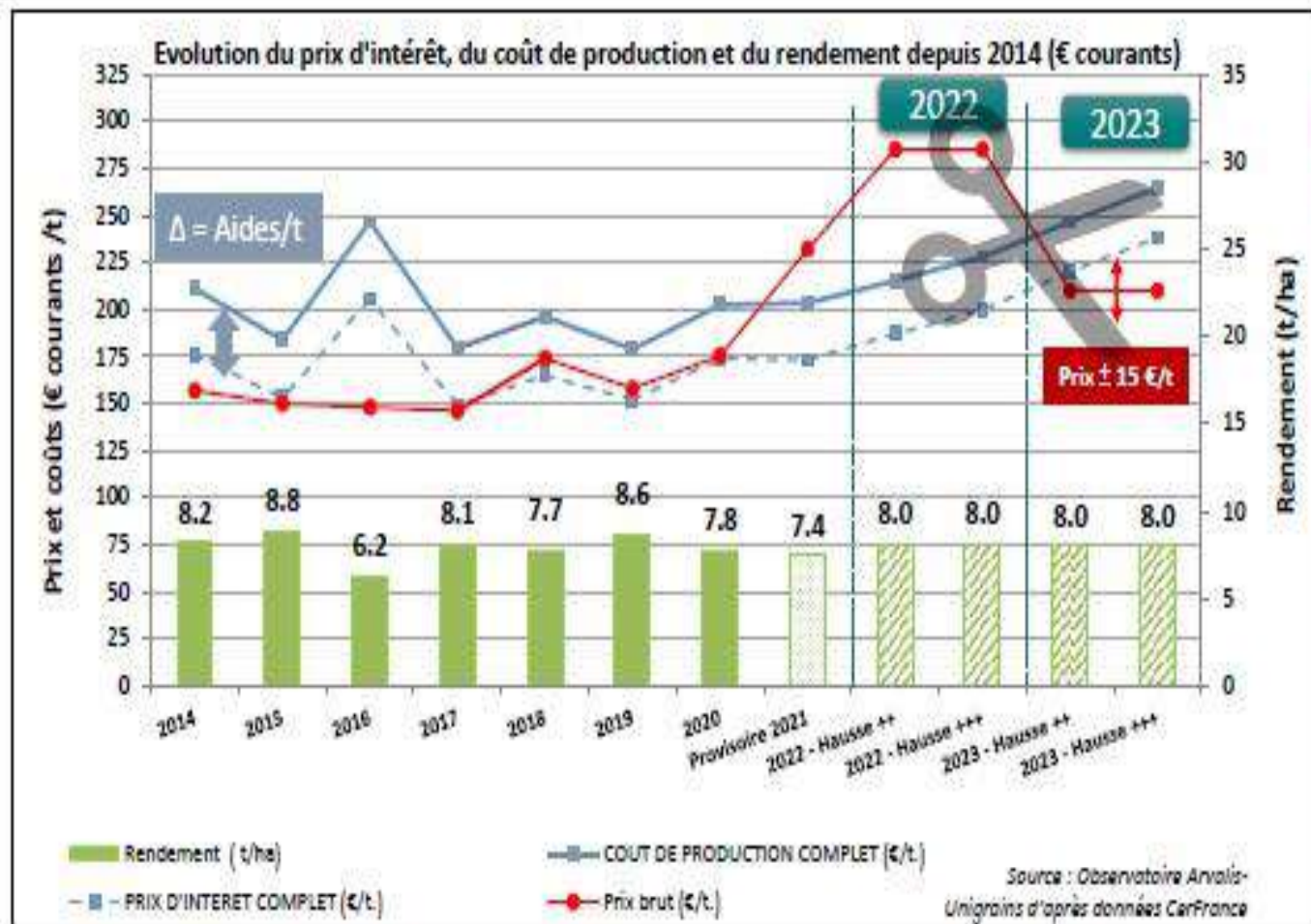
**OPTIMISATION DE LA
FERTILISATION
ORGANIQUE/MINERALE
PAR INTEGRATION DE
7CRITERES
AGRONOMIQUES**

La hausse des charges se poursuit en 2023

- Hausse d'environ 15% des charges complètes entre 2022 et 2023. Dans le scénario ++, hausse de 250 €/ha entre 2022 et 2023, dans le scénario +++, hausse de 290 €/ha entre 2022 et 2023.
- Les engrais augmentent de +120 à +140 €/ha et sont le premier poste responsable de la hausse des charges. D'autres postes enregistrent de fortes hausses :
 - + 20 à + 30 €/ha pour les produits phytos
 - +15 €/ha pour les travaux par tiers
 - +30 à 35 €/ha pour les charges sociales exploitants
 - +15 €/ha pour les amortissements
 - +15 €/ha pour le carburant
- Les charges opérationnelles connaissent une hausse de 25 à 30 % environ, les charges de mécanisation augmentent de 10 % environ.



Une chute des prix entraînant un effet ciseaux



COMPLET

Si le prix payé couvre le prix d'intérêt complet, le producteur est rémunéré à minima au salaire d'un chauffeur (soit environ 1.2 SMIC)

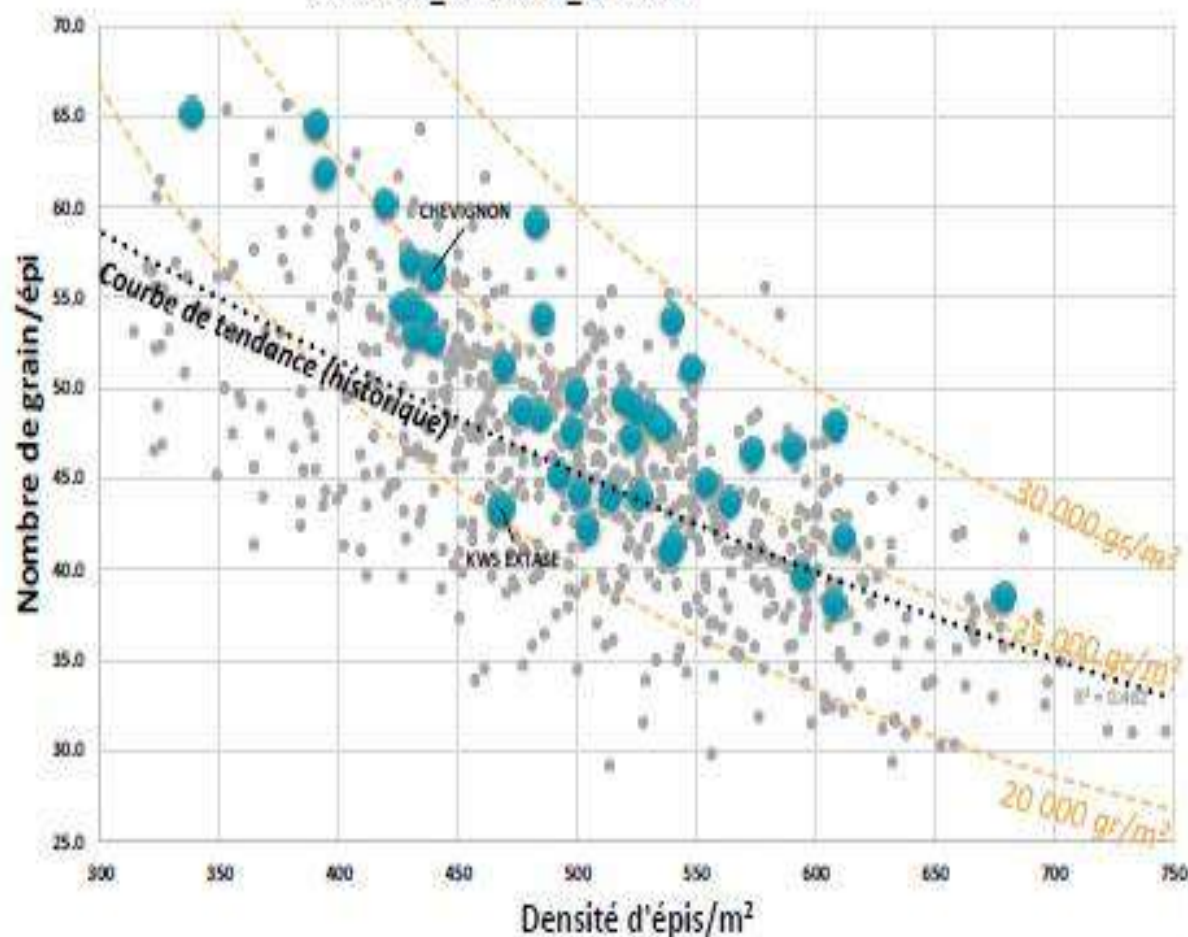
Cas d'école de l'effet ciseaux

La différence entre prix de vente et prix d'intérêt complet passe de
 +85 à +100 €/t en 2022
 à -10 à -30 €/t en 2023



Blé : Densité d'épis variable avec une excellente fertilité d'épis

Relation densité d'épis-fertilité d'épis
1998-2023_BRETAGNE_62 essais



• Essai variété PLOERMEL 2023

Densité d'épis :

Allant de 350 à 650 épis/m² selon les variétés

une moyenne autour de 506 épis/m²
équivalente à la moyenne pluriannuelle

Fertilité d'épis :

Excellente fertilité d'épis à 49 gr/épi

Supérieure à la moyenne pluri (45gr/épi)

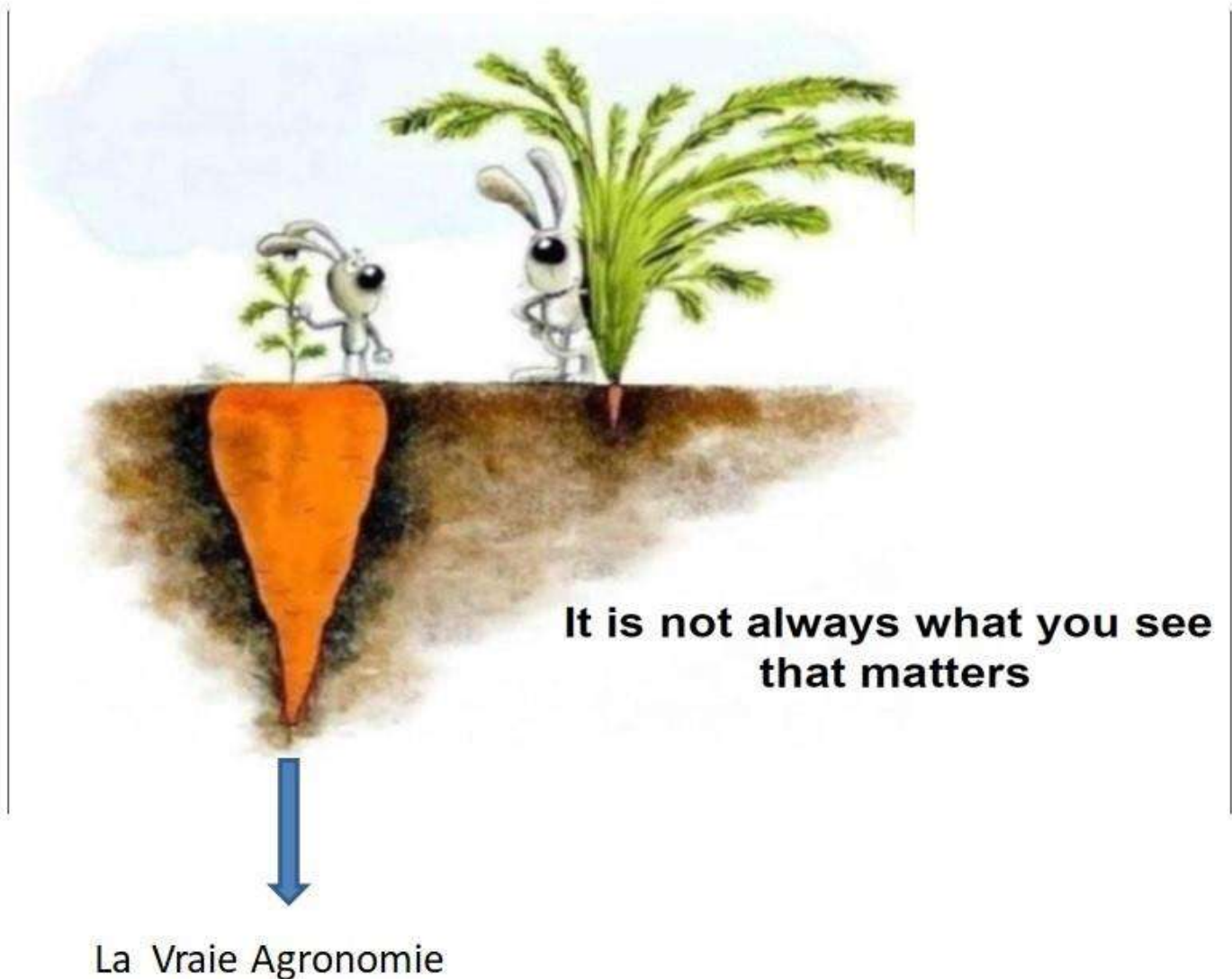
Chevignon : fertilité épis très intéressante

KWS extase : fertilité d'épis sous la moyenne

Un nombre de grain/m² fin montaison
prometteur



La Vraie Agronomie ne s'illustre pas souvent par des effets "spectaculaires"
mais elle est plus efficace





Doc 1 : Les sels minéraux

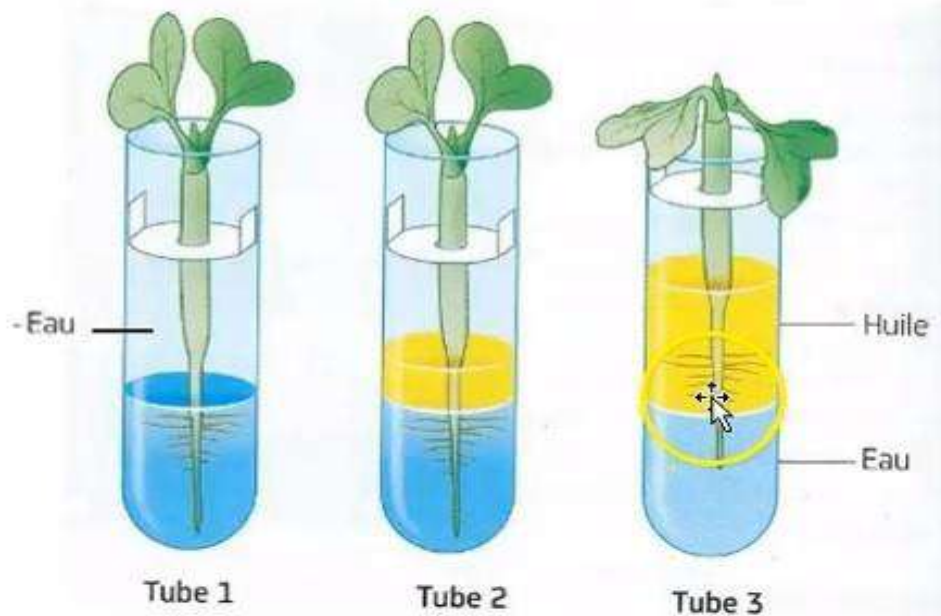
Les sels minéraux sont dissous dans l'eau (= présents mais non visibles). Une plante qui prélève de l'eau prélève également des sels minéraux (du phosphore, de l'azote, du potassium...).

Doc 2 : Une jeune plantule de radis.

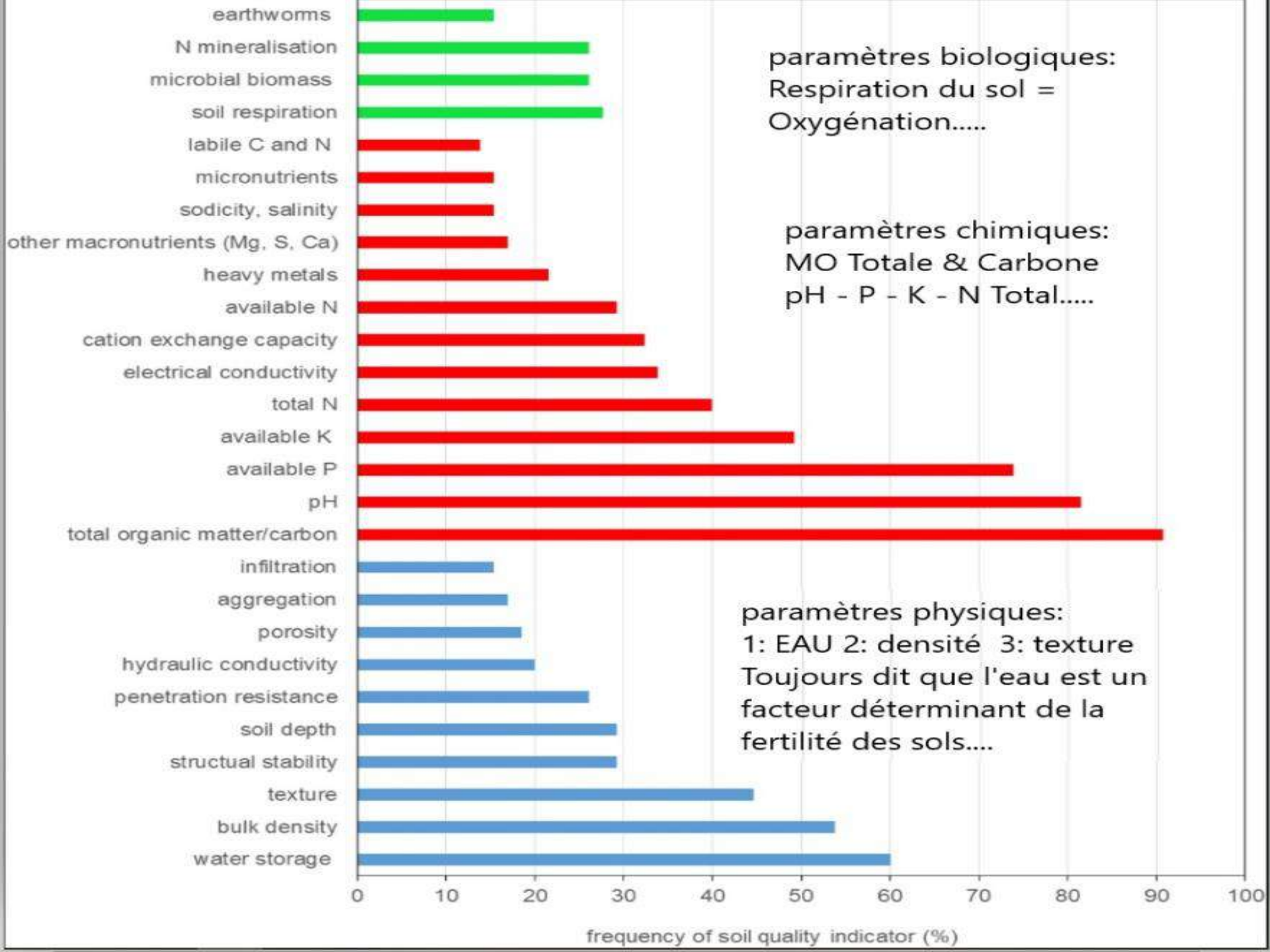


Doc 3 : Expérience de Rosène.

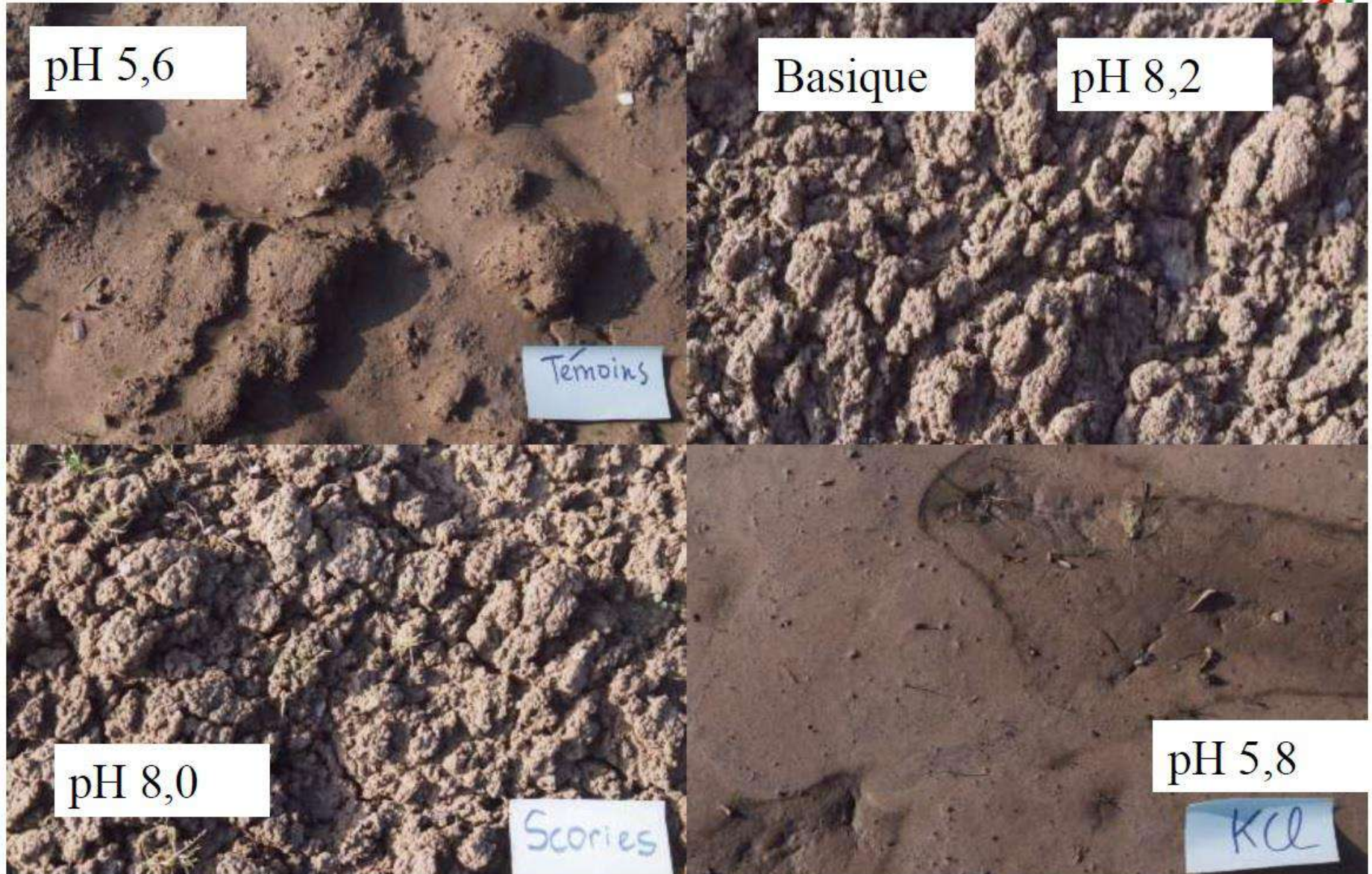
Remarque : L'huile est non miscible à l'eau, donc pas d'échanges possibles.



Aide : Il faut décrire ce qui est fait dans chaque expérience, donner les résultats et en conclure sur le lieu d'absorption de l'eau et des sels minéraux. Cela vous sert de justification ! ;-)



État de surface du sol après l'hiver



pH 5,6

Basique

pH 8,2

Témoins

pH 8,0

Scories

pH 5,8

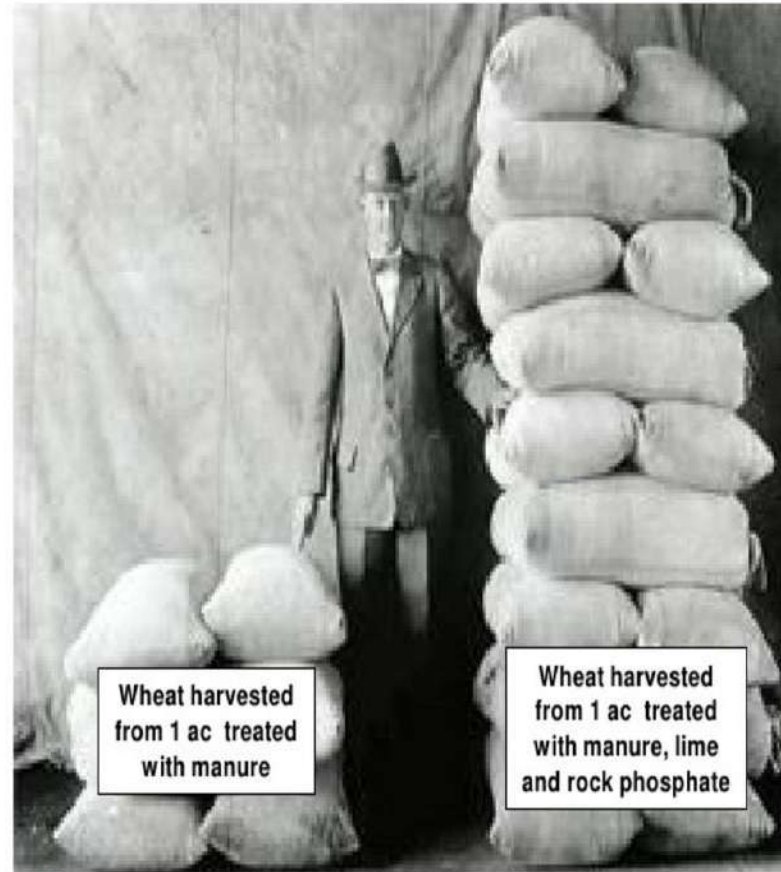
KCl

Ville

- Mathieu de Dombasle (1777-1843)
 - Rotations sur une ferme modèle de 186 ha
 - Fertilisation avec le fumier de la ferme
 - Rendement de 1,1 t/ha de blé (1,0 t/ha ailleurs)
- Georges Ville (1824-1897)
 - Expérimentation d'apports d'engrais chimiques sur une parcelle d'1,2 ha (Vincennes)
 - Rendements en blé de 3,4 t/ha.
 - « le fumier est un engrais encombrant et onéreux ».
 - Précurseur de l'utilisation des engrais en France.
 - A créé des « champs scolaires ».
- Alors, il a quoi de faux, Mathieu de Dombasle ?



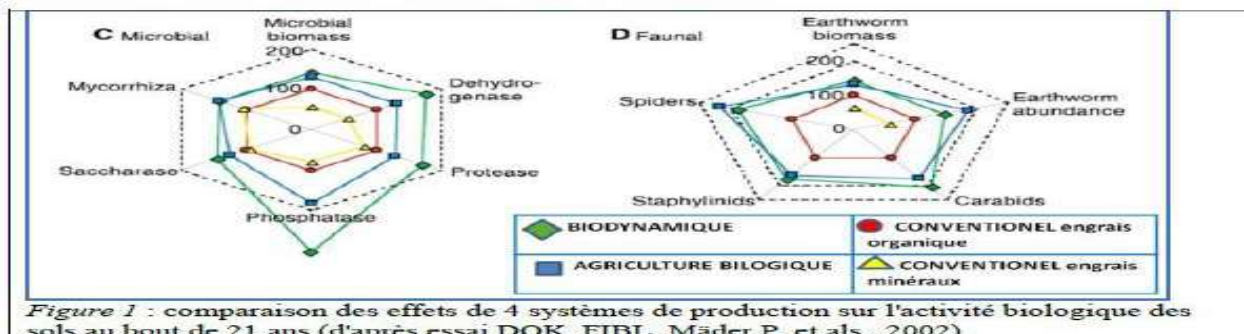
Famous photo of Cyril Hopkins



Only manure produced on the farm

Les écologistes – nombreux à évoquer la perte de fertilité ou l'épuisement des sols – s'appuient sur la baisse de l'activité biologique du sol. Le FIBL⁴ a réalisé un essai de longue durée en comparant deux systèmes en agriculture biologique à deux systèmes conventionnels (*Figure 1*) ; on observe qu'au bout de 21 ans d'essai, l'activité microbiologique (mesurée par la biomasse microbienne, les mycorhizes, etc.) ainsi que la faune du sol (mesurée par la quantité de vers de terre, les carabes, etc.) sont plus importantes en agriculture biologique et biodynamie qu'en conventionnel. On peut donc considérer que, de ce point de vue, la fertilité du sol est meilleure en agriculture biologique ; toutefois, dans cette expérimentation, les rendements en blé en agriculture biologique ou biodynamie atteignent seulement 60 à 70 % de ceux des systèmes conventionnels, tandis que pour la pomme de terre les rendements atteignent 58 à 66 % du conventionnel.

Une bonne activité biologique des sols n'est donc pas synonyme de bons rendements ! Néanmoins une bonne activité biologique est nécessaire en agriculture biologique pour atteindre des rendements en moyenne supérieur à ceux de 1940 en France (35 à 40 quintaux/ha en blé).



Conclusion et perspectives

Les agriculteurs se sont donc de tous temps préoccupés de maintenir la fertilité pour préserver leurs rendements et donc leurs revenus. Bien entendu, il existe au niveau mondial – et même en France – des situations où on observe des baisses de fertilité ; mais on peut raisonnablement penser que ce n'est pas une généralité. Néanmoins ce concept reste flou, et il n'existe toujours pas de définition satisfaisante de la fertilité d'un sol, ce qui facilite les critiques mettant en cause la gestion des sols par les agriculteurs.

Philippe VIAUX, membre de l'Académie d'Agriculture de France

décembre 2020

Ce qu'il faut retenir :

Dès le début de la sédentarisation, les premiers agriculteurs ont constaté que les rendements baissaient après quelques années de mise en culture suivant un défrichement. Ils ont donc très vite essayé de maintenir la fertilité des sols. Ainsi, dans les pays tempérés est apparue la jachère, dont le rôle était de régénérer la fertilité.

Mais nos ancêtres ont aussi réussi à étendre les surfaces cultivables en irriguant, en drainant, en faisant des cultures en terrasse ou en amendant les sols. Toutes ces techniques mises en œuvre ont permis de nourrir une population toujours croissante. Parallèlement, des critiques sont apparues accusant les agriculteurs d'épuiser les sols. Ces critiques peuvent être fondées dans certains cas, mais on constate qu'au cours des siècles l'amélioration des connaissances a permis souvent de corriger les erreurs.

⁴ Forschungsinstitut für biologischen Landbau

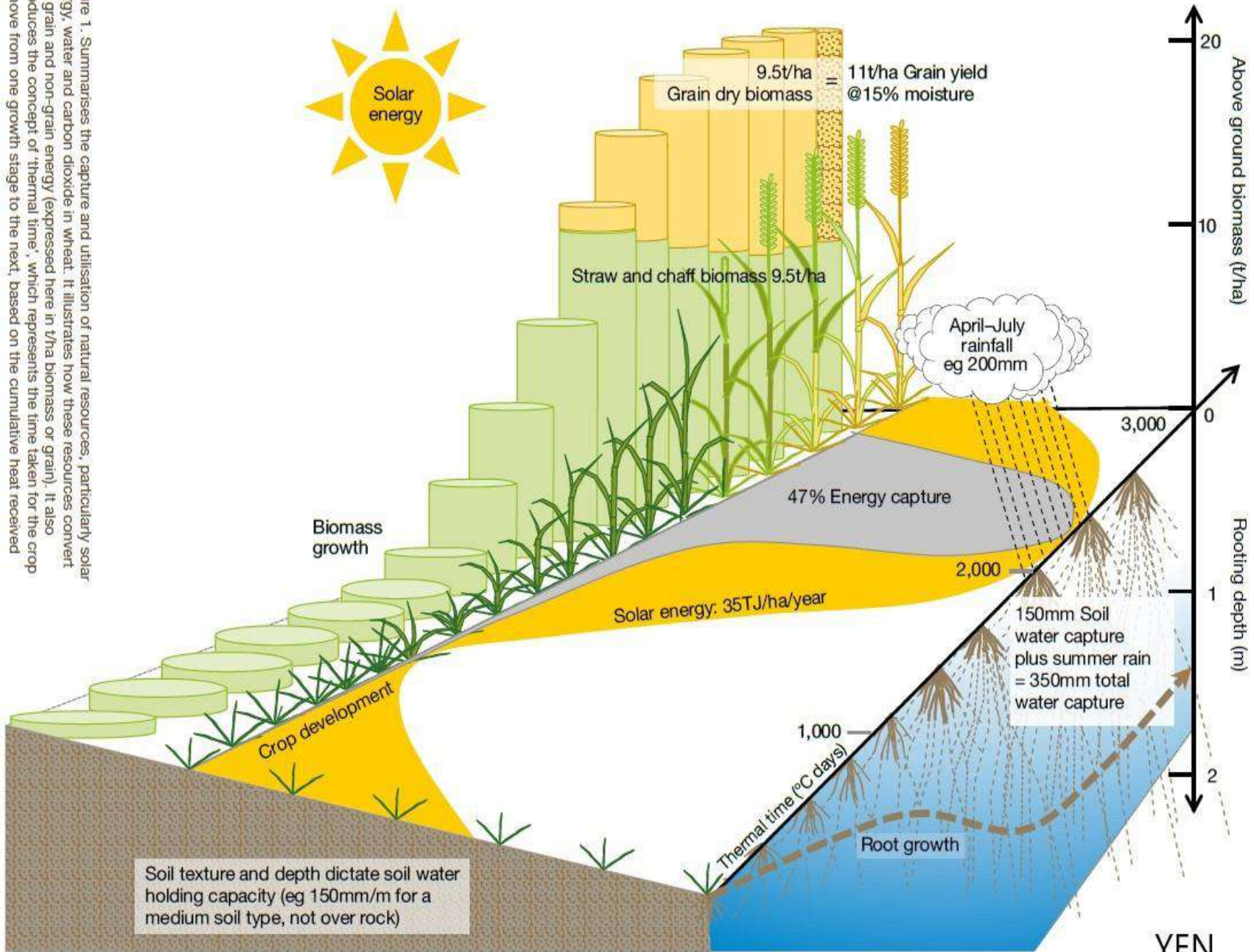


Figure 1. Summarises the capture and utilisation of natural resources, particularly solar energy, water and carbon dioxide in wheat. It illustrates how these resources convert into grain and non-grain energy (expressed here in t/ha biomass or grain). It also introduces the concept of 'thermal time', which represents the time taken for the crop to move from one growth stage to the next, based on the cumulative heat received



Le faible rayonnement lors du remplissage : principal responsable des baisses de rendement.

Le faible rayonnement enregistré durant toute la période de remplissage (floraison à grain pâteux) et largement déficitaire (83% de la médiane) a conduit à pénaliser le remplissage du grain et donc le PMG. Ces faibles niveaux sont particulièrement marqués en centre ouest Bretagne et dans l'est de l'Ille et Vilaine (figure 4).

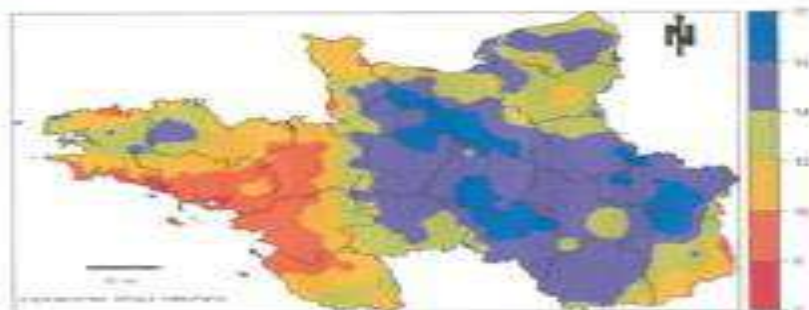
Le nombre de jours où le rayonnement est limitant peut atteindre 15 jours dans les zones les plus touchées, ce qui représente près de la moitié de la période de remplissage (figure 5)



Figure 4 : rayonnement durant le remplissage (cal/m2)

Centre et est Bretagne sont les régions les plus concernées par le faible rayonnement.

Figure 5 : Nb jours avec un rayonnement limitant (< inf 1200 joules/m2) lors du remplissage (épiaison – épiaison + 600 °C)



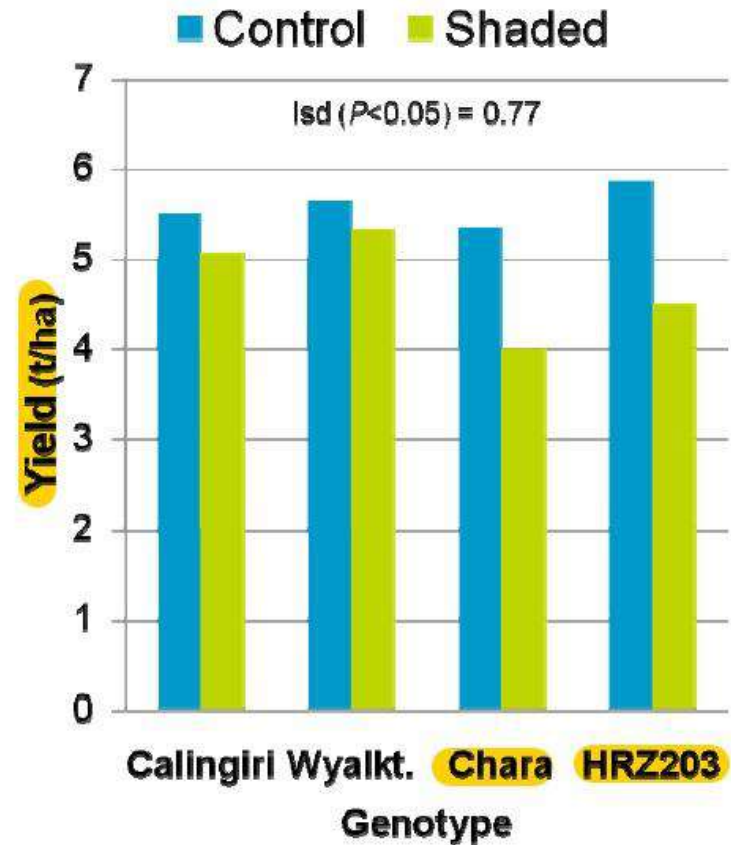
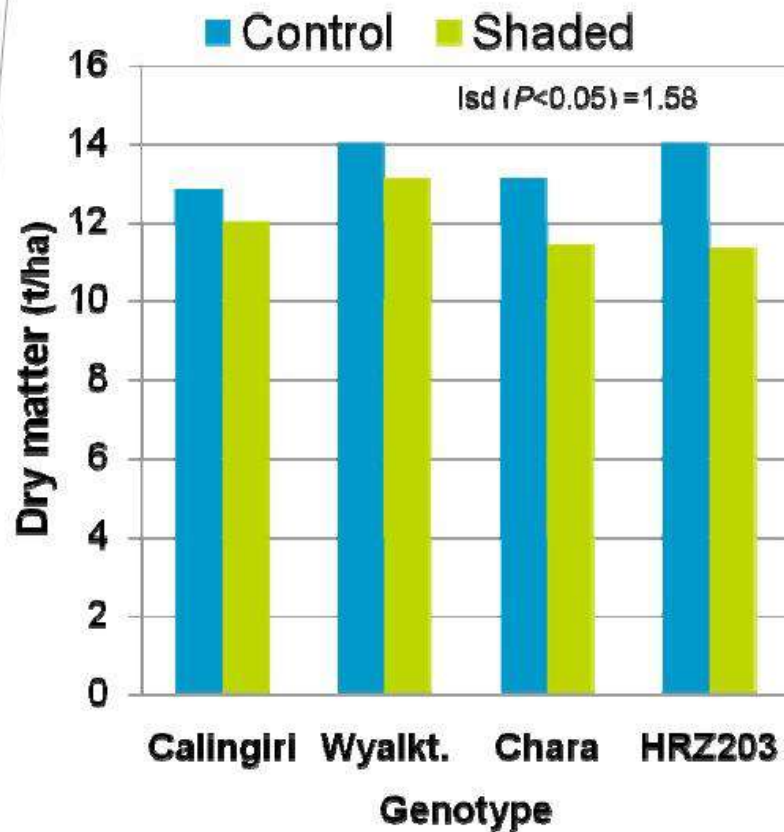
Shading experiment



Shading applied just after flowering

Reduce the incoming solar radiation by 40%

Shading - grain yield & DM





Facteur le plus fréquemment limitant

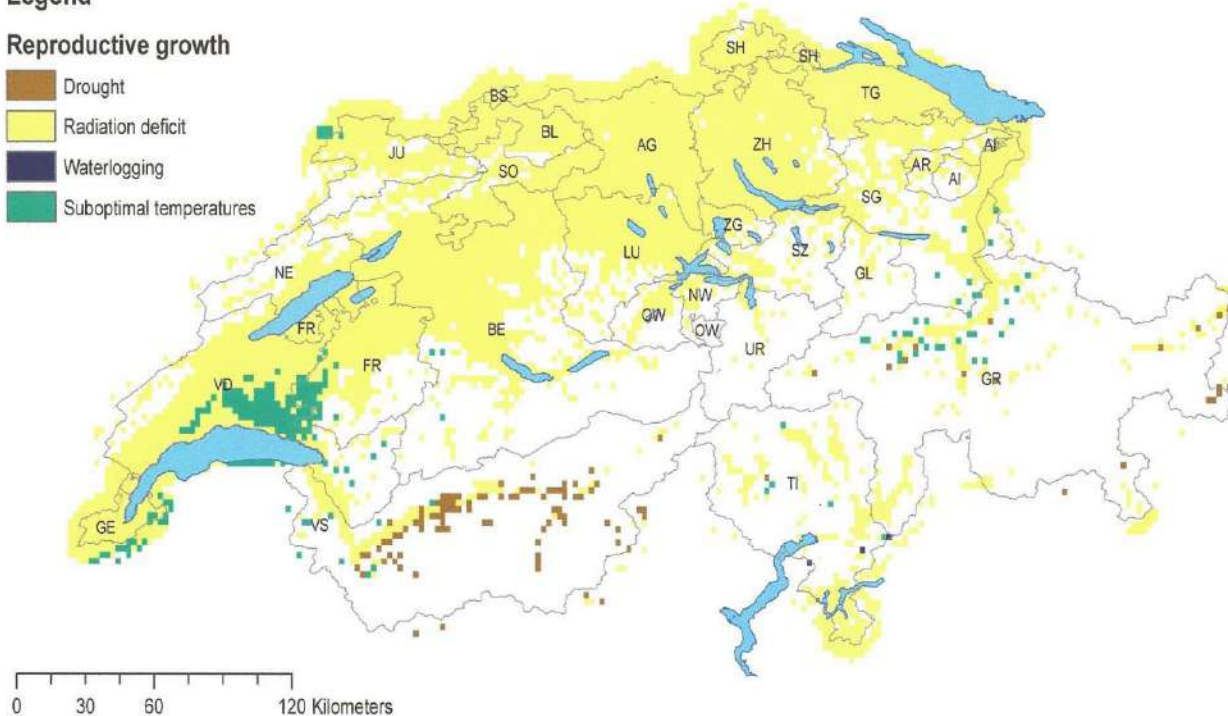
...pendant la phase reproductive (floraison)



Legend

Reproductive growth

- Drought
- Radiation deficit
- Waterlogging
- Suboptimal temperatures

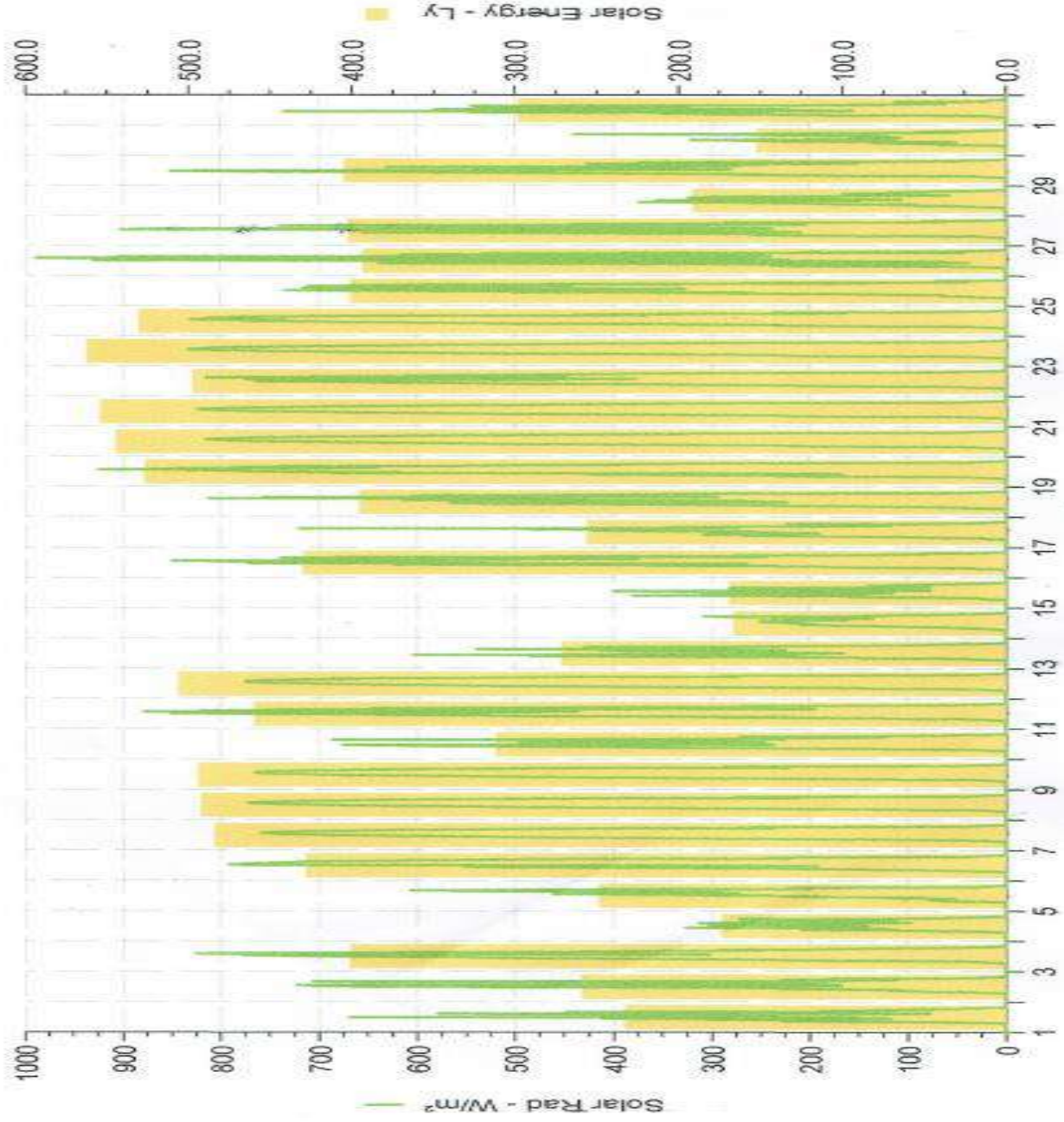


Les facteurs environnementaux à prendre en compte

Pour rendre compte des facteurs limitants de la production végétale, il faut prendre en compte :

- la température,
- le rayonnement,
- la disponibilité en eau,
- la disponibilité en azote.

station1



Sat 1 Apr 2017

Solar Rad

Solar Energy

Strategies to improve NUE in wheat

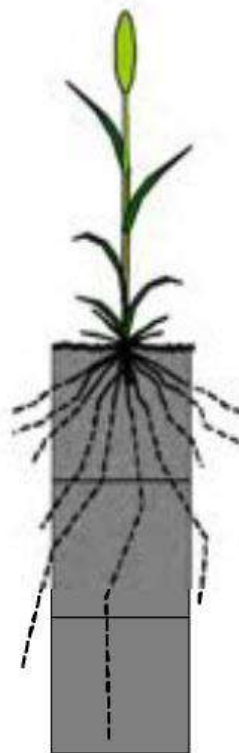
MAXIMIZE PHOTOSYNTHETIC

CAPACITY PER UNIT N:

- Leaf and stem N storage
- Vertical distribution of canopy N
- RuBisCo catalytic properties
- C₄ metabolism

MAXIMIZE N CAPTURE:

- Distribute roots deeper
- Decrease specific root weight
- Optimize root to shoot ratio
- N transporter systems



OPTIMIZE N REMOBILIZATION AND GRAIN PROTEIN:

- Optimize N remobilization efficiency and stay-green
- Optimize grain N%
- Optimize gliadin to glutenin ratio

OPTIMIZE NITRATE ASIMILATION:

- Glutamine synthetase activity
- Organic acid metabolism

Foulkes et al. 2009 FCR

“Law of the Minimum”: Nutrient in least supply limits growth

ORGANIC CHEMISTRY
IN ITS APPLICATIONS
TO
AGRICULTURE AND PHYSIOLOGY.
BY
JUSTUS LIEBIG, M.D., Ph.D., F.R.S., M.R.I.A., &c.,
1841.

Justus von Liebig
1803 - 1873



*Stamp issued 150
years after his birth*

Carl Sprengel
1787 - 1859



Growth is determined by
whichever nutrient is
present in shortest supply

Minimum



[Biodiversity Heritage Library](#)

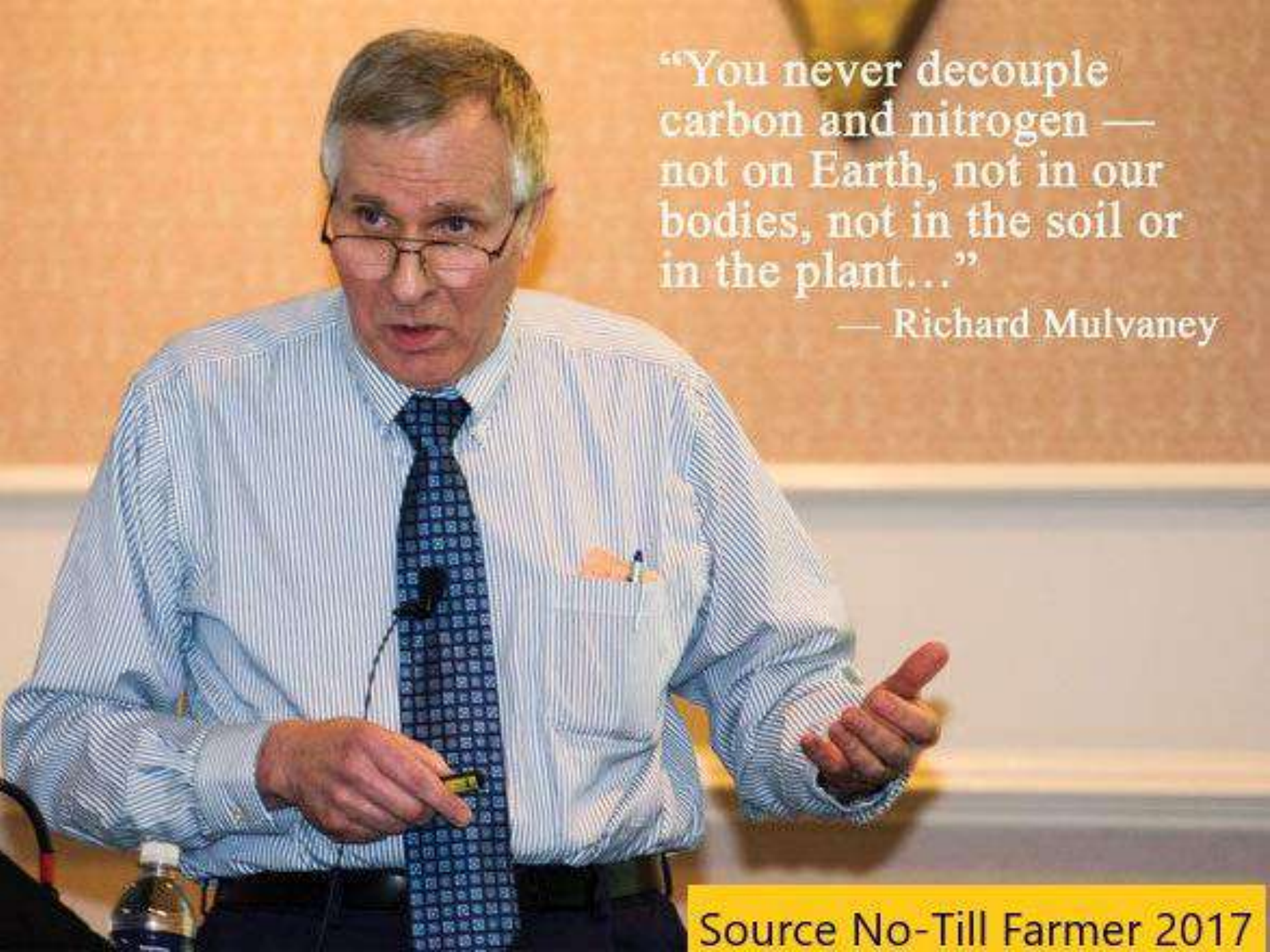
COUPLED CYCLING OF H₂O, C, N, P

Sustainable use of soil & water resources

AND THE ECOSYSTEM SERVICES GENERATED

-
- C sequestration
 - Water quality
 - Biodiversity
 - NPP

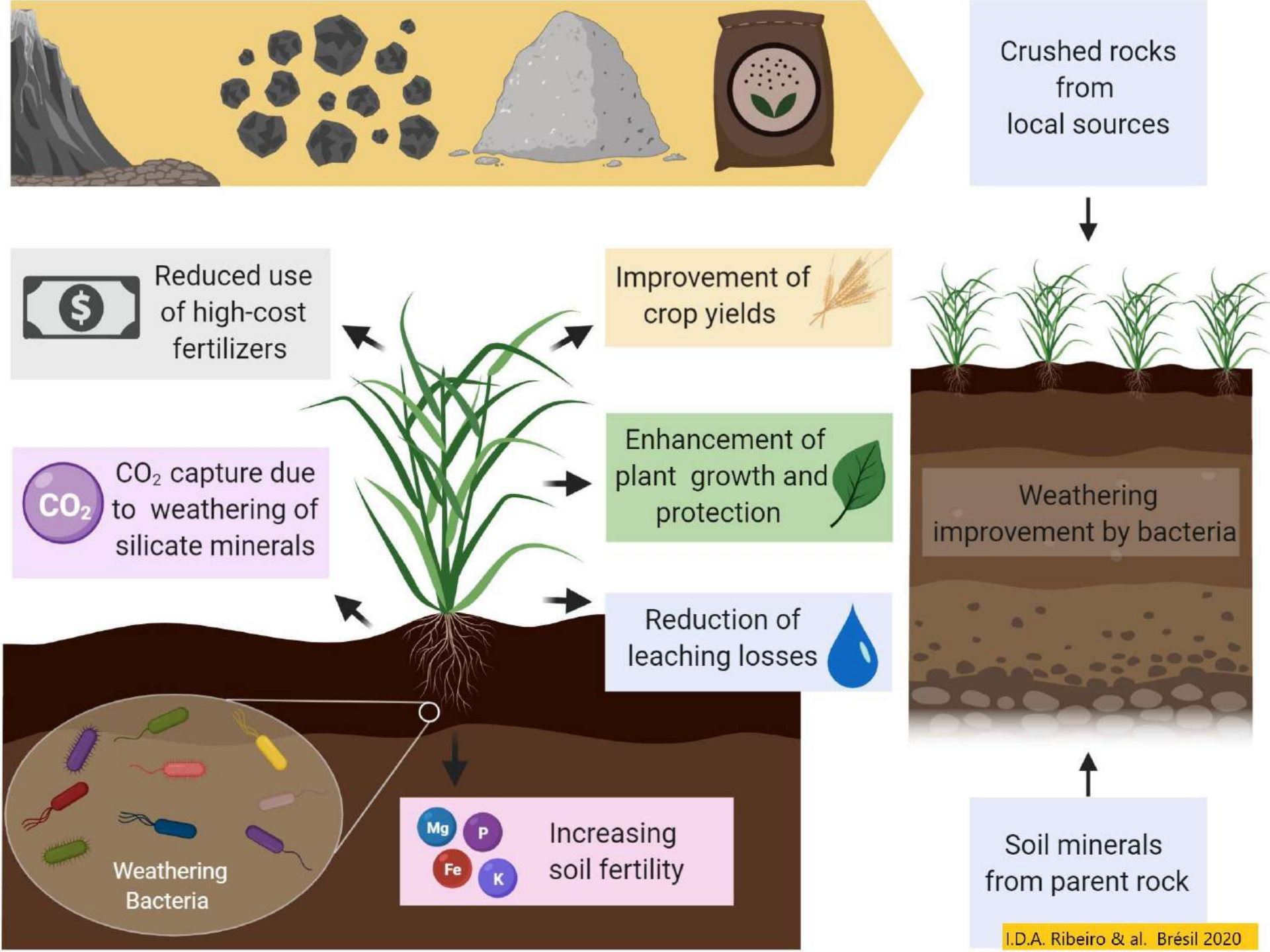


A middle-aged man with glasses, wearing a light blue striped shirt and a dark blue patterned tie, is speaking at a podium. He is gesturing with his hands while holding a small object in his right hand. The background is a plain, light-colored wall.

“You never decouple
carbon and nitrogen —
not on Earth, not in our
bodies, not in the soil or
in the plant...”

— Richard Mulvaney

Source No-Till Farmer 2017



Crushed rocks from local sources

Reduced use of high-cost fertilizers

Improvement of crop yields

Enhancement of plant growth and protection

Reduction of leaching losses

CO₂ capture due to weathering of silicate minerals

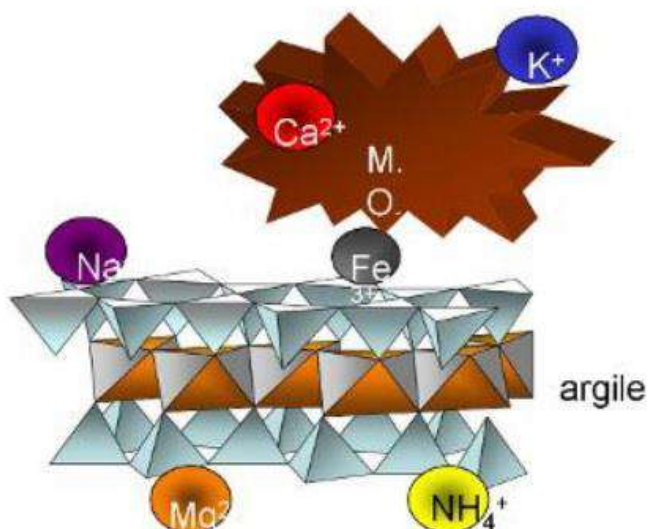
Weathering improvement by bacteria

Soil minerals from parent rock

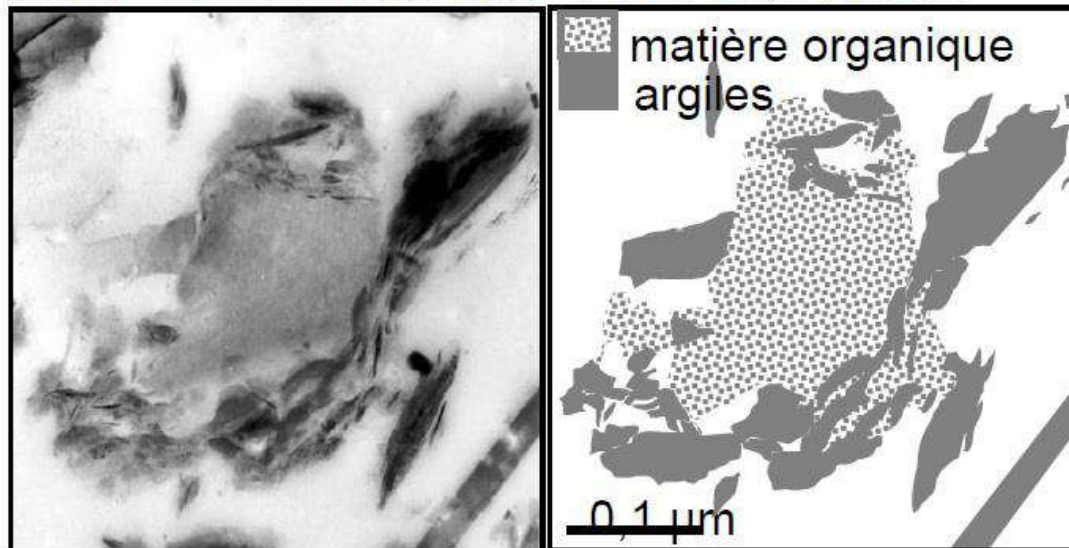
Weathering Bacteria

Increasing soil fertility

Rétention des éléments minéraux



© D. Schwartz (Univ. Strasbourg)



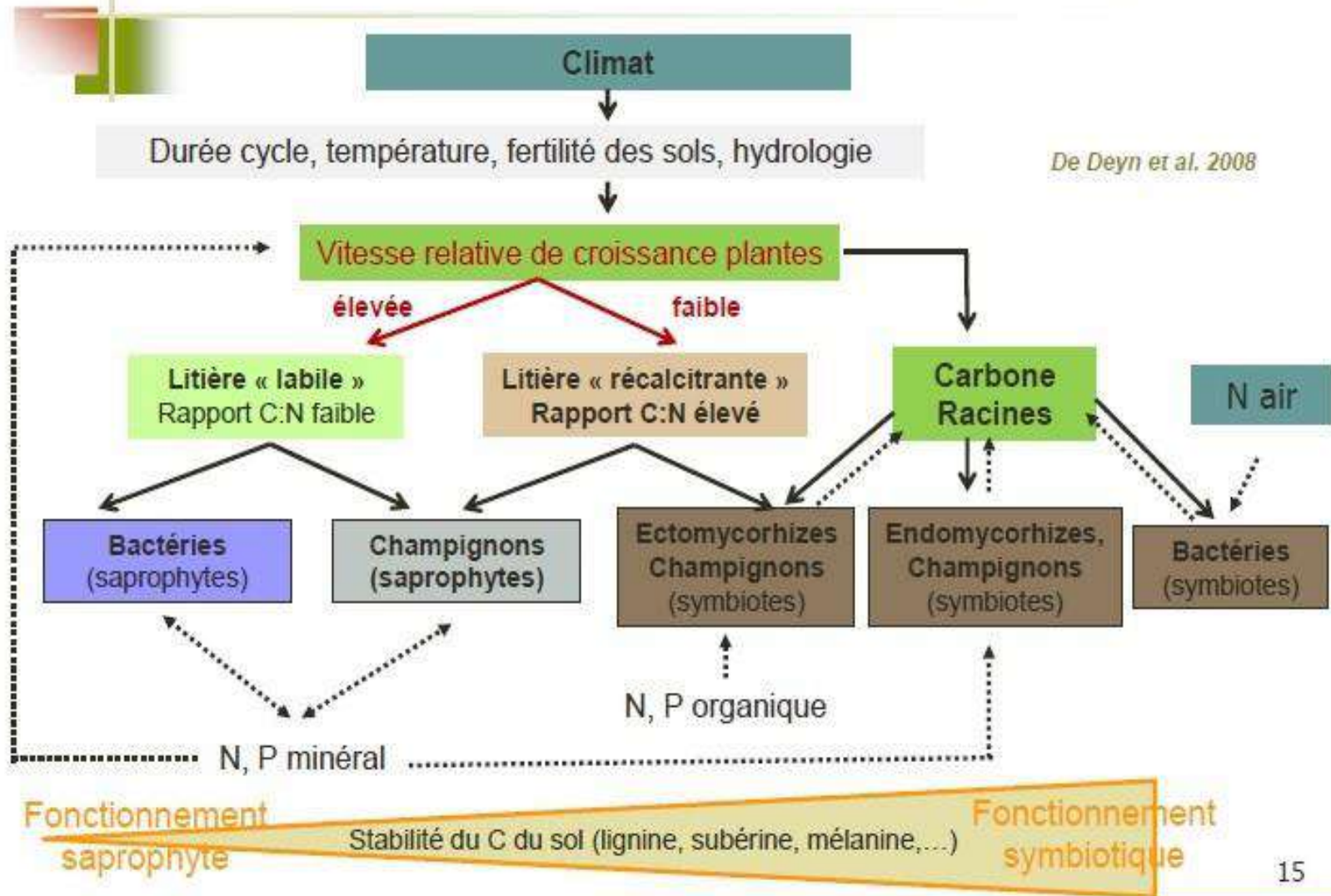
© C. Chenu (INRA-AgroParisTech)

- **Cations** : à la surface des argiles et de la matière organique (complexe argilo-humique). Capacité d'échange cationique (CEC) :
 - Kaolinite 1 à 15 $cmol_c kg^{-1}$
 - Illite 10 à 40 $cmol_c kg^{-1}$
 - Smectite 70 à 120 $cmol_c kg^{-1}$
 - Matière organique : environ 200 $cmol_c kg^{-1}$
- Tous les éléments : inclus dans la matière organique (libération lors de sa minéralisation).
- → Par leur formation et par le climat, **les sols des régions tempérées retiennent beaucoup mieux les éléments minéraux** que les sols des régions tropicales : **leur fertilité chimique est meilleure.**



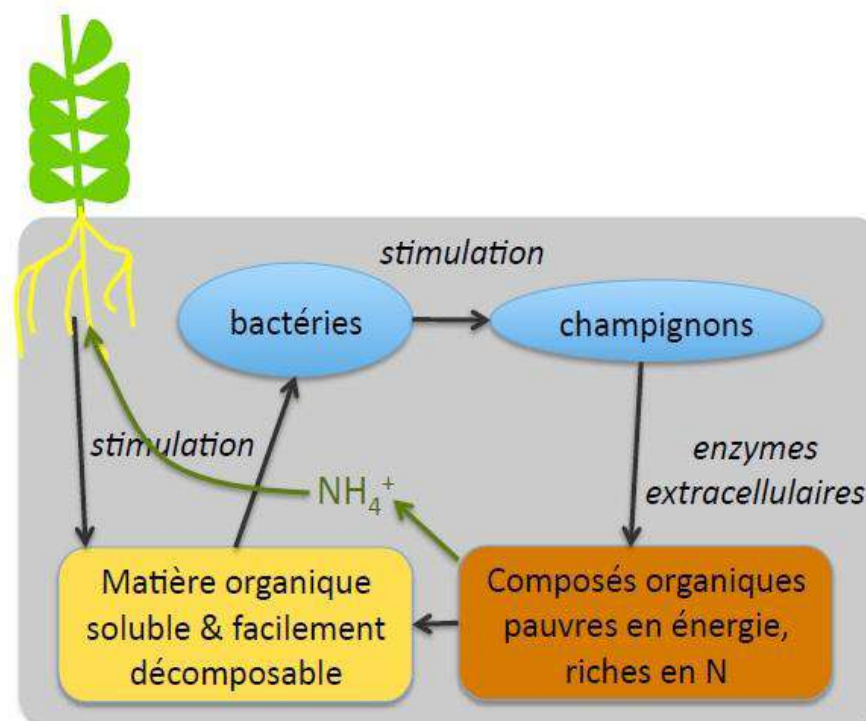
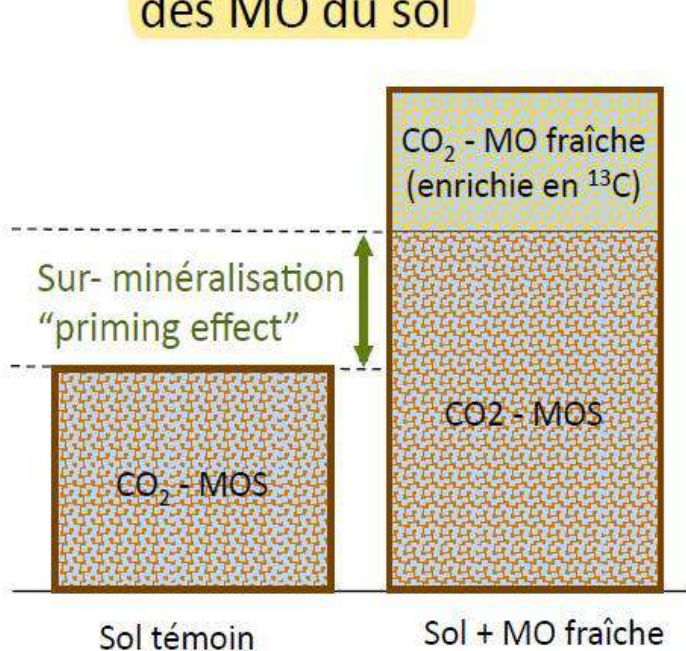
sol sablo-limoneux sur schistes briovériens Merléac Mai 2022

Une vision globale possible des relations directes & indirectes entre types de cultures et communautés du sol dans les agroécosystèmes



Interactions biotiques: le priming effect

- Les apports de MO fraîche peuvent induire une sur-minéralisation des MO du sol



Kuzyakov, 2000, 2010 SBB

Fontaine et al. 2011, SBB

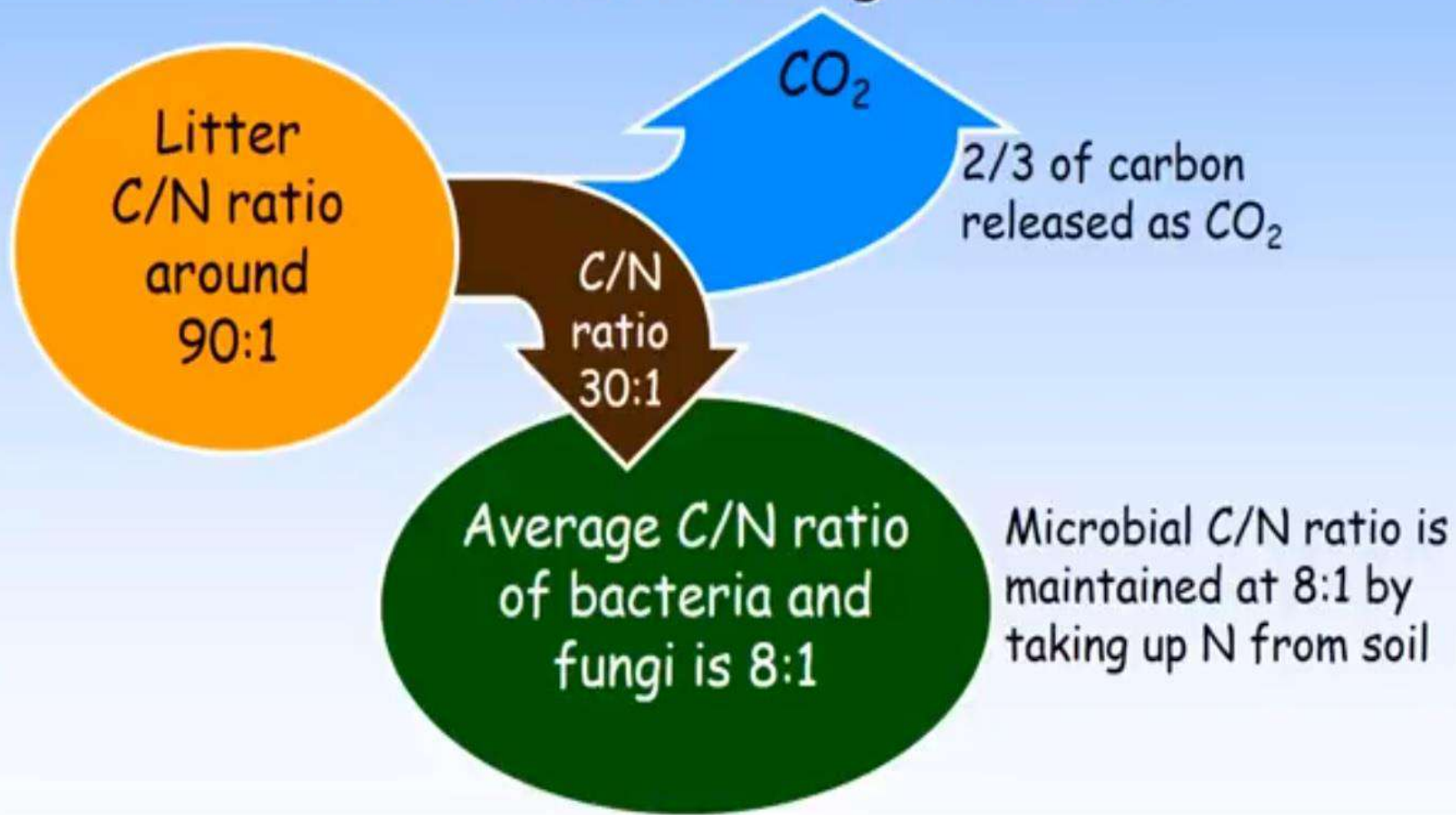
Shazad et al.

⇒ Mieux évaluer le potentiel de stockage d'apports de MO au sol

⇒ La sur-minéralisation est t'elle partout la même ?

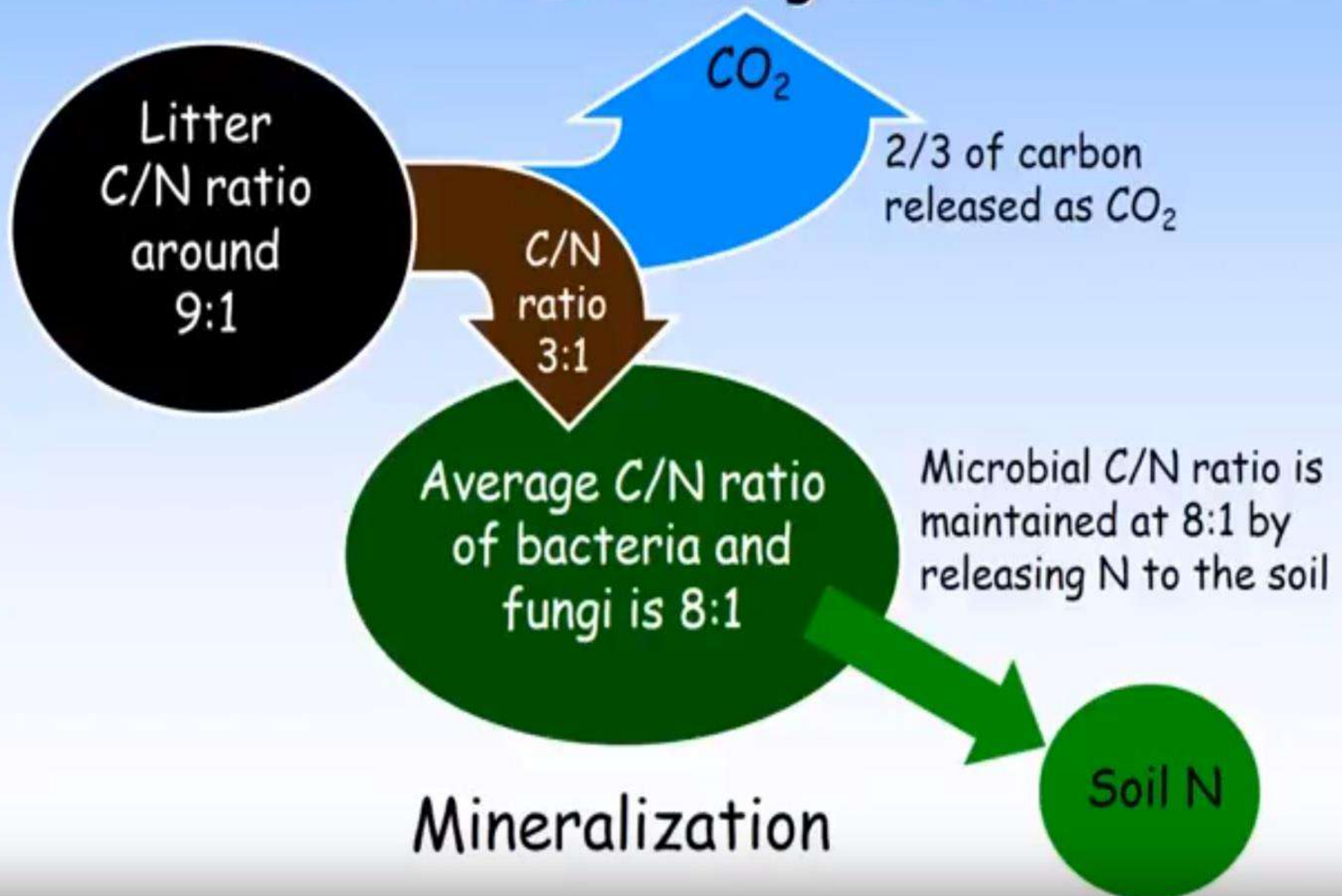
Organic matter decomposition

Carbon and Nitrogen Ratios



Organic matter decomposition

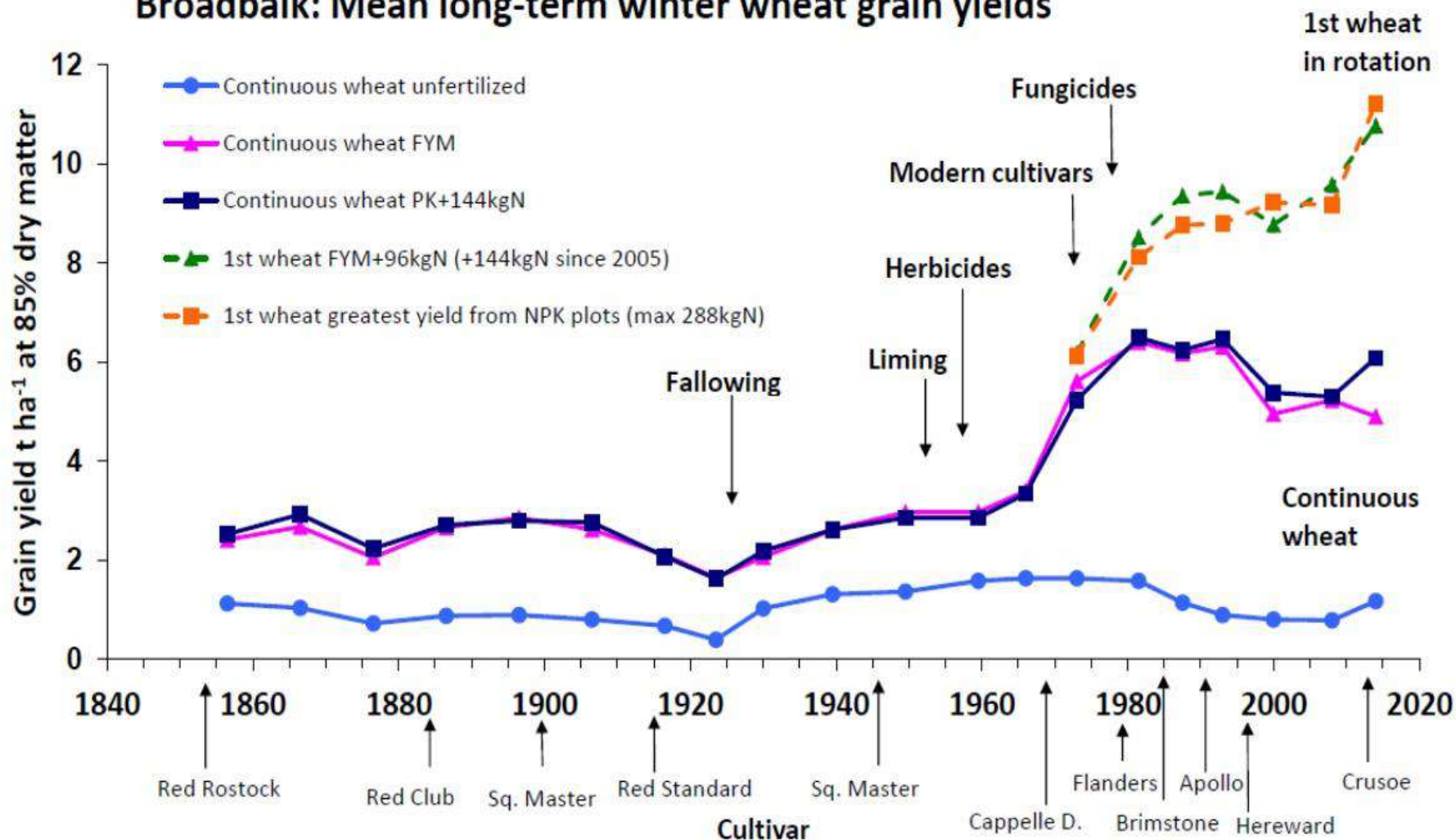
Carbon and Nitrogen Ratios



The figure shows the mean long-term winter wheat yields from selected treatments on Broadbalk 1852-2016, excluding spring wheat in 2015. The changes reflect the improved cultivars and better control of pests, diseases and weeds that have been introduced on Broadbalk, especially since the 1960s. To control weeds, the experiment was divided into five sections in the 1920s and one section bare fallowed each year. The introduction of herbicides removed the need for fallowing. Yields of continuous wheat given no fertilizer or manure have remained at around 1 t ha^{-1} . In 1968 a rotation was introduced on part of the experiment, so that it is now possible to compare the yields of wheat grown continuously and as the first wheat after a two year break. Since 1979 summer fungicides have been used, which has allowed us to exploit the greater grain yield potential of modern cultivars. From 1985, two higher N rates have been tested, 240 and 288 kg N ha^{-1} . The highest yields are now from the first wheat crop in rotation, with the greatest yields from fertilizer alone exceeding those from FYM alone, and the combination of FYM + 96 kg N ha^{-1} (144 kg N ha^{-1} since 2005) often exceeding both. The largest annual wheat yields on Broadbalk (11.4 t ha^{-1}) were recorded in 2014, following the change in variety from Hereward to Crusoe.

The greatest yields were not always achieved with the highest N rate. The figure shows the mean greatest first wheat yields achieved from the NPK treatments, receiving up to a maximum of 288 kg N ha^{-1} (a maximum of 192 kg N ha^{-1} from 1968-1984):

Broadbalk: Mean long-term winter wheat grain yields



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

Haute densité de semis

Pr Th. Têtu Université de Picardie 2018

Exemple
en
Agri bio

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

4. Résultats

Valeurs Beta et azote dérivé de l'atmosphère par la méthode NA

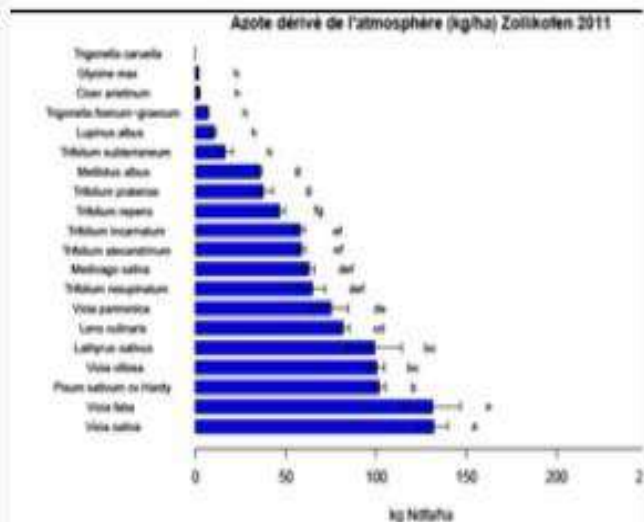
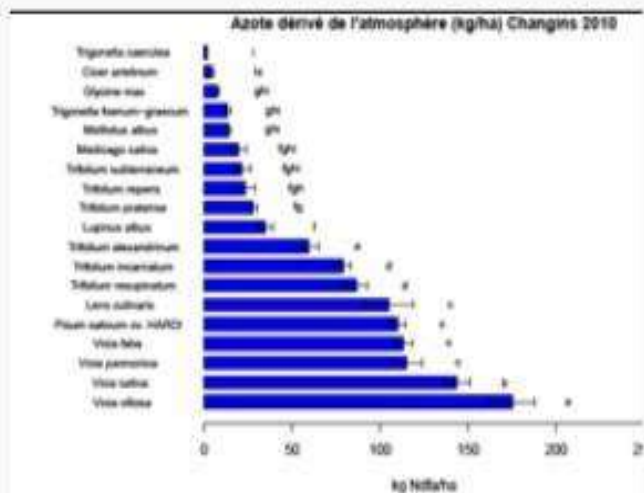


Tableau 20: Quantité d'azote dérivé de l'atmosphère

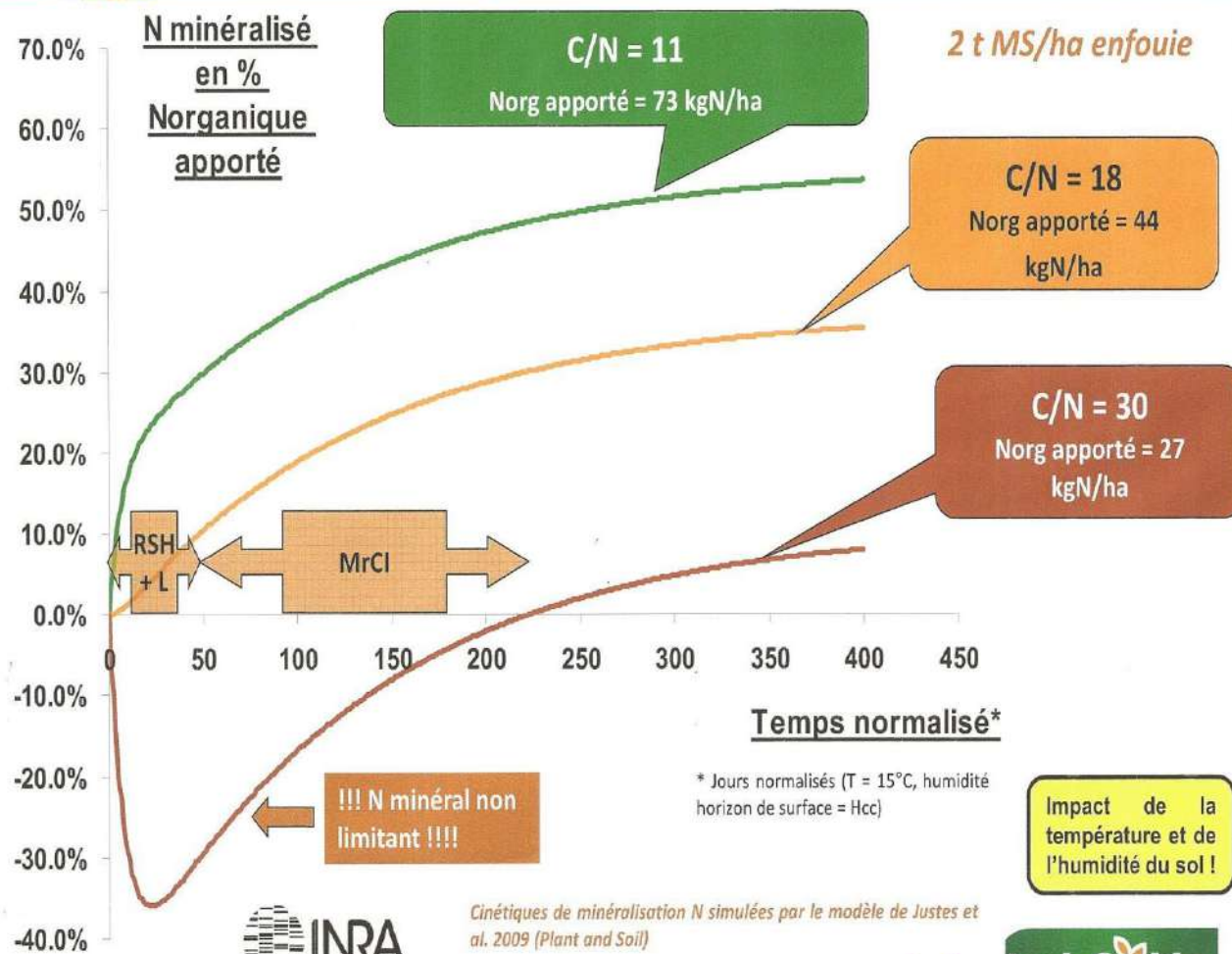
Espèces	Azote dérivé de l'atmosphère (kgNdfa/ha)			Moyenne 3 essais	Ecart- type
	Changins* 2010	Changins* 2011	Zollikofen* 2011		
<i>Trigonella caerulea</i>	1.1 ij	-25.0 h	-0.8 gh	-8.2	14.5
<i>Cicer arietinum</i>	4.4 hij	2.3 h	1.7 gh	2.8	1.4
<i>Avena sativa</i>	3.6 hij	8.5 gh	6.4 g	6.2	2.4
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	12.7 ghi	28.0 efgh	6.3 g	15.7	11.1
<i>Glycine max</i>	7.5 hij	44.7 defgh	1.6 gh	17.9	23.4
<i>Trifolium subterraneum</i>	21.3 fgh	42.9 defgh	15.8 g	26.6	14.3
<i>Medicago sativa</i>	14.0 ghi	30.9 efgh	35.3 f	26.7	11.2
<i>Lupinus albus</i>	34.1 f	39.9 defgh	9.6 g	27.9	16.1
<i>Trifolium repens</i>	22.3 fgh	32.1 efgh	46.5 ef	33.7	12.2
<i>Trifolium pratense</i>	27.8 fg	36.3 defgh	37.5 f	33.9	5.3
<i>Trifolium alexandrinum</i>	59.5 e	36.3 defgh	58.7 de	51.5	13.2
<i>Trifolium resupinatum</i>	85.6 d	57.1 defgh	64.5 cde	69.1	14.8
<i>Trifolium incarnatum</i>	77.7 d	97.9 bcdef	57.6 de	77.7	20.1
<i>Lens culinaris</i>	104.6 c	50.0 defgh	80.9 c	78.5	27.4
<i>Vicia pannonica</i>	116.8 c	89.5 cdefg	74.7 cd	89.5	21.3
<i>Pisum sativum cv. Hardy</i>	109.3 c	116.1 bcd	101.5 b	109.0	7.3
<i>Lathyrus sativus</i>	Na	152.4 bc	98.6 b	125.5	38.0
<i>Vicia sativa</i>	142.6 b	109.1 bcde	131.0 a	127.6	17.0
<i>Vicia faba</i>	112.6 c	175.1 b	130.6 a	139.4	32.2
<i>Vicia villosa</i>	175.0 a	170.6 b	100.1 b	148.6	42.0

*Les valeurs n'ayant aucune lettre en commun sont significativement différentes entre elles ($p < 0.5$)

†Not available



Minéralisation des résidus végétaux : une question de rapport C/N



Cinétiques de minéralisation N simulées par le modèle de Justes et al. 2009 (Plant and Soil)

Intervalles RSH et MrCl pour céréales

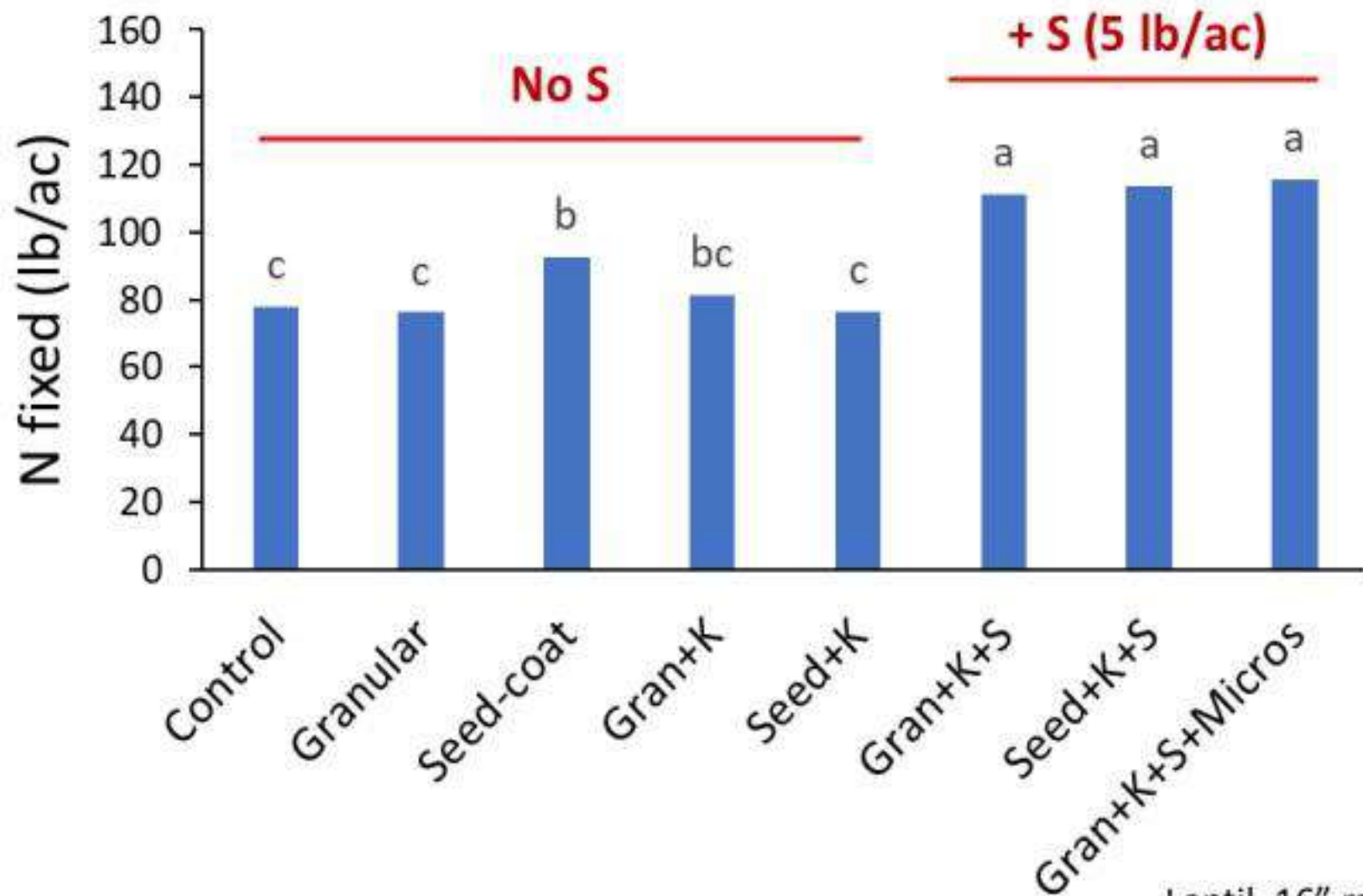


Main Factors Affecting Nitrogen Release from Cover Crops

- Temperature and moisture
- Cover crop quality
 - ✓ Carbohydrates (speed decomposition)
 - ✓ Cellulose/hemicellulose
 - ✓ Lignin (resistant to decomposition)
 - ✓ Nitrogen content
 - ✓ Affected by species, growth stage



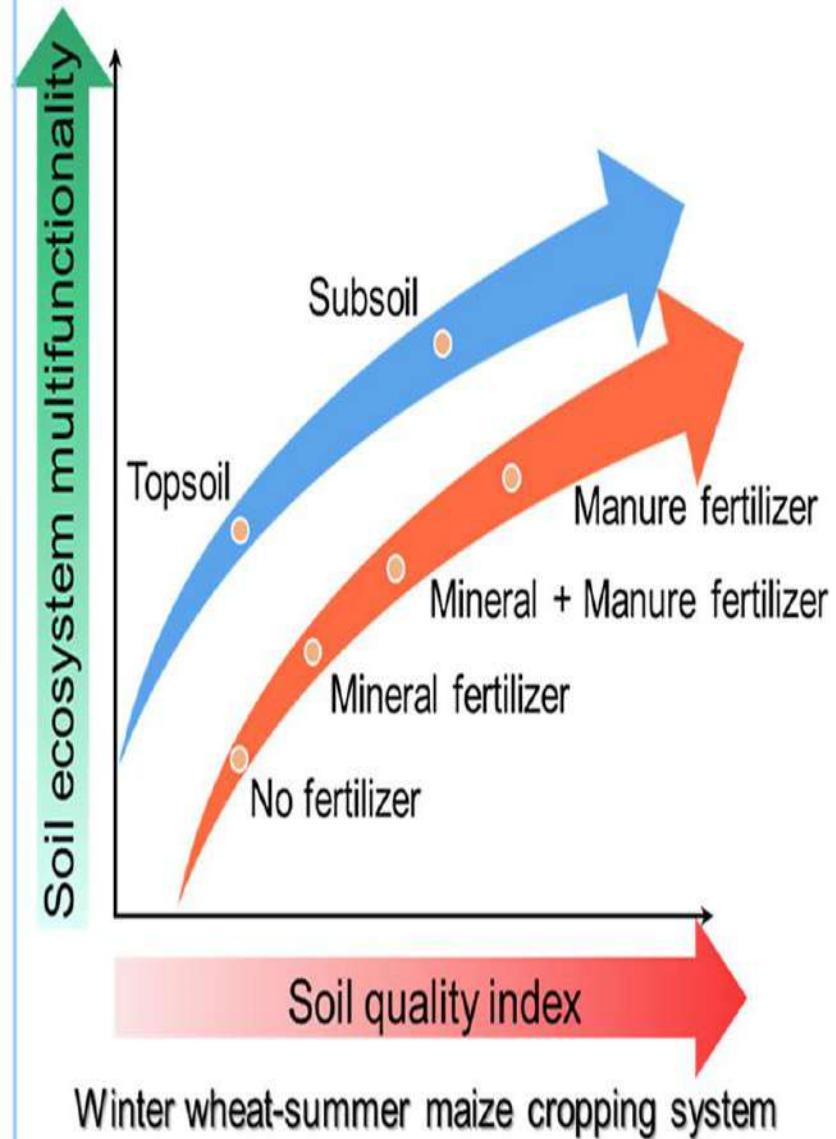
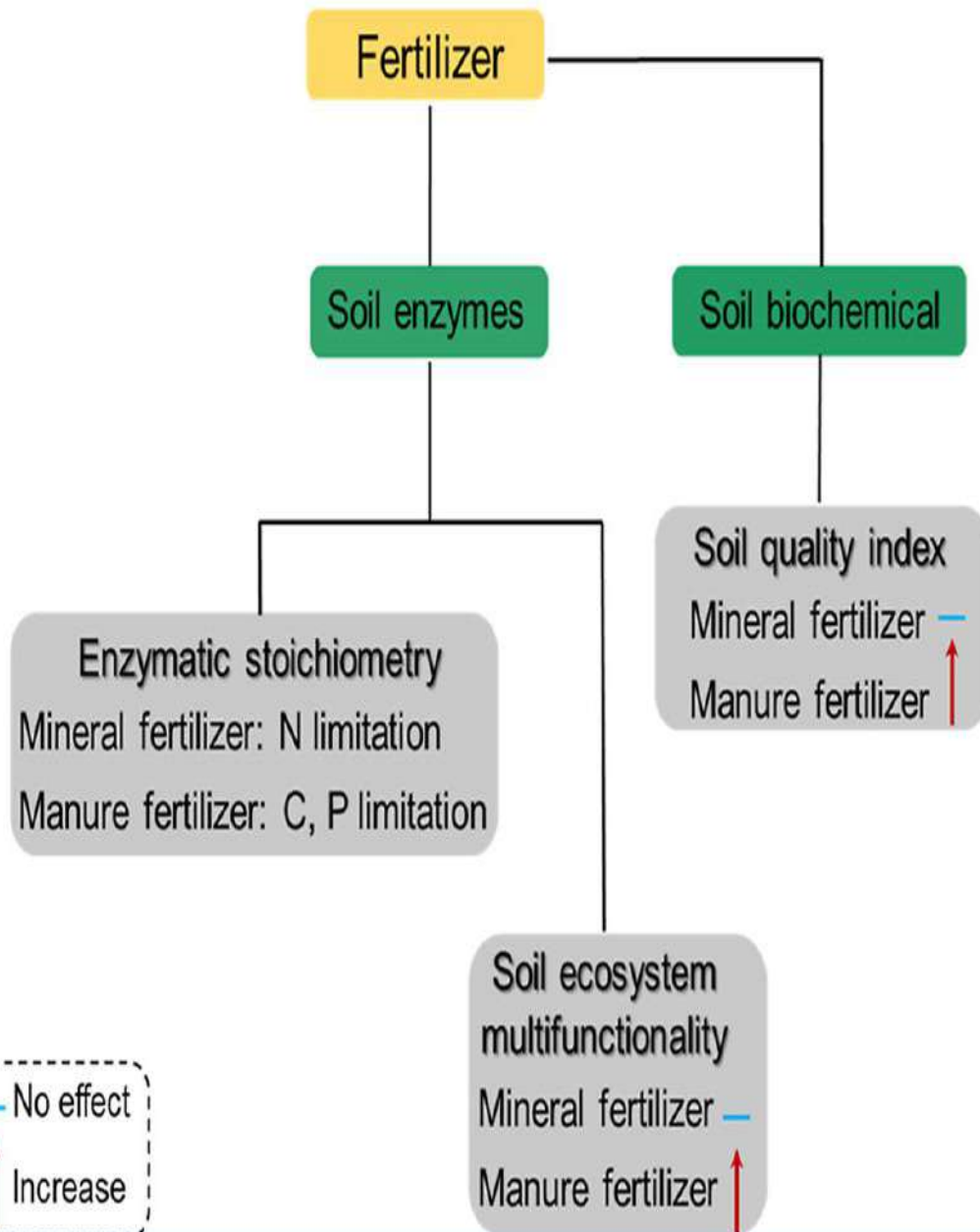
If want to maximize N fixation in pulse cover crops,
need adequate S (and P and K)



Higher N fix = less N fertilizer = reduced risk
of soil acidification. See Feb 10 session

Lentil, 16" rainfall zone
N budget method
Jones unpub data 2020

Soil quality and ecosystem multifunctionality driven by fertilization management



Interactions sols-plantes

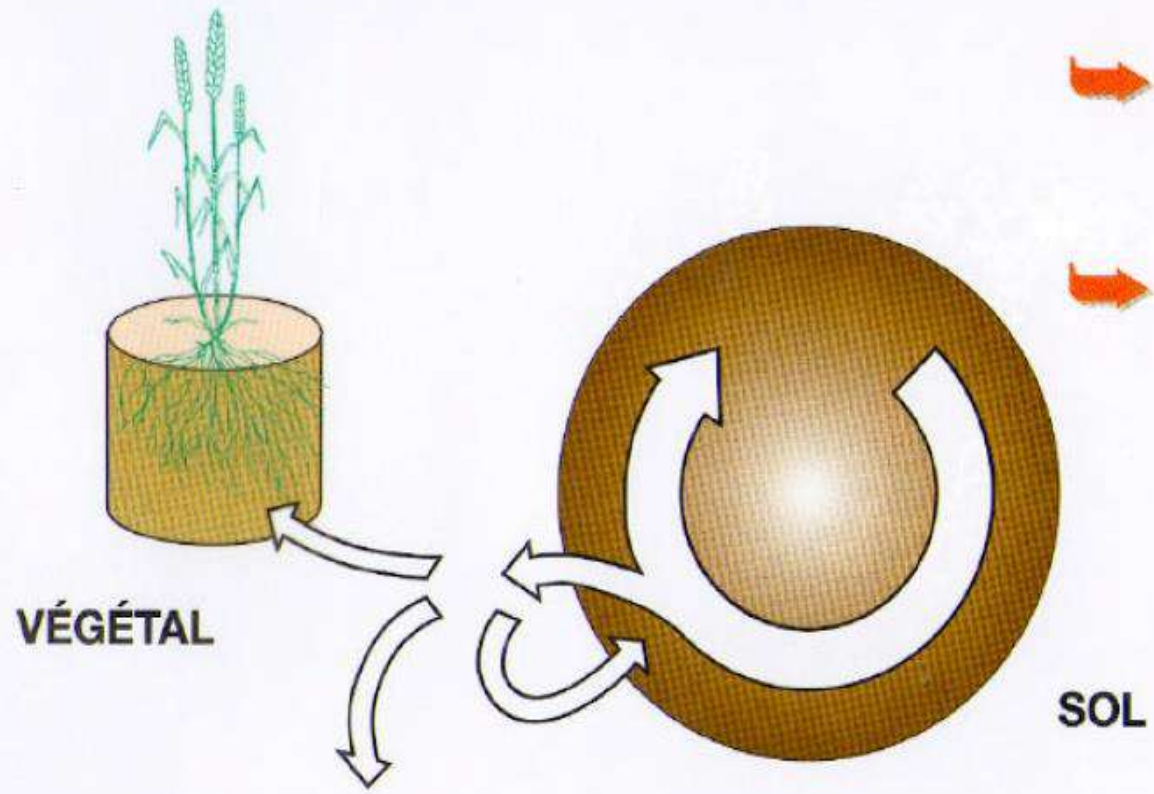


Des interactions complexes, mais une source importante d'innovations à mobiliser pour une agriculture plus économe en intrants



les nouveaux *Acquis* de la fertilisation

RÉSERVES DU SOL EN L'ÉLÉMENT NUTRITIF



➔ Apprécier la compétition entre le sol et le végétal

➔ Apprécier les équilibres entre les éléments



Soil bulk
density
1.17 g/ml

Soil bulk
density
1.25 g/ml

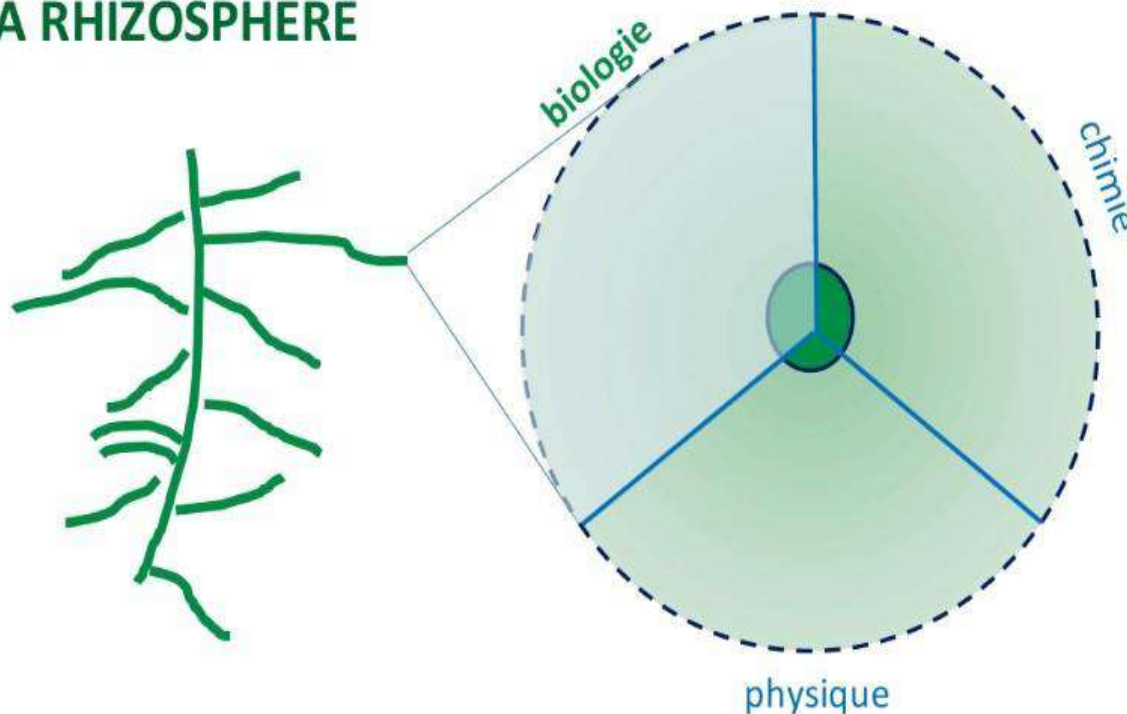
Soil bulk
density
1.38 g/ml

05 25 2007

Les racines, la partie cachée des plantes

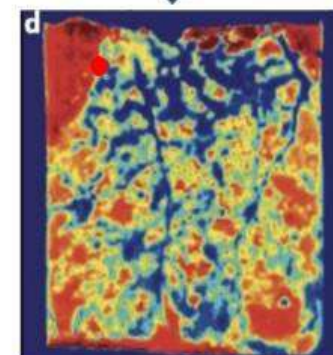
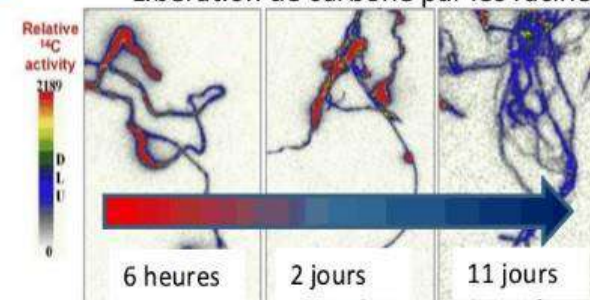
LES PLANTES N'INTERAGISSENT QU'AVEC UNE FAIBLE PARTIE DU SOL

LA RHIZOSPHERE



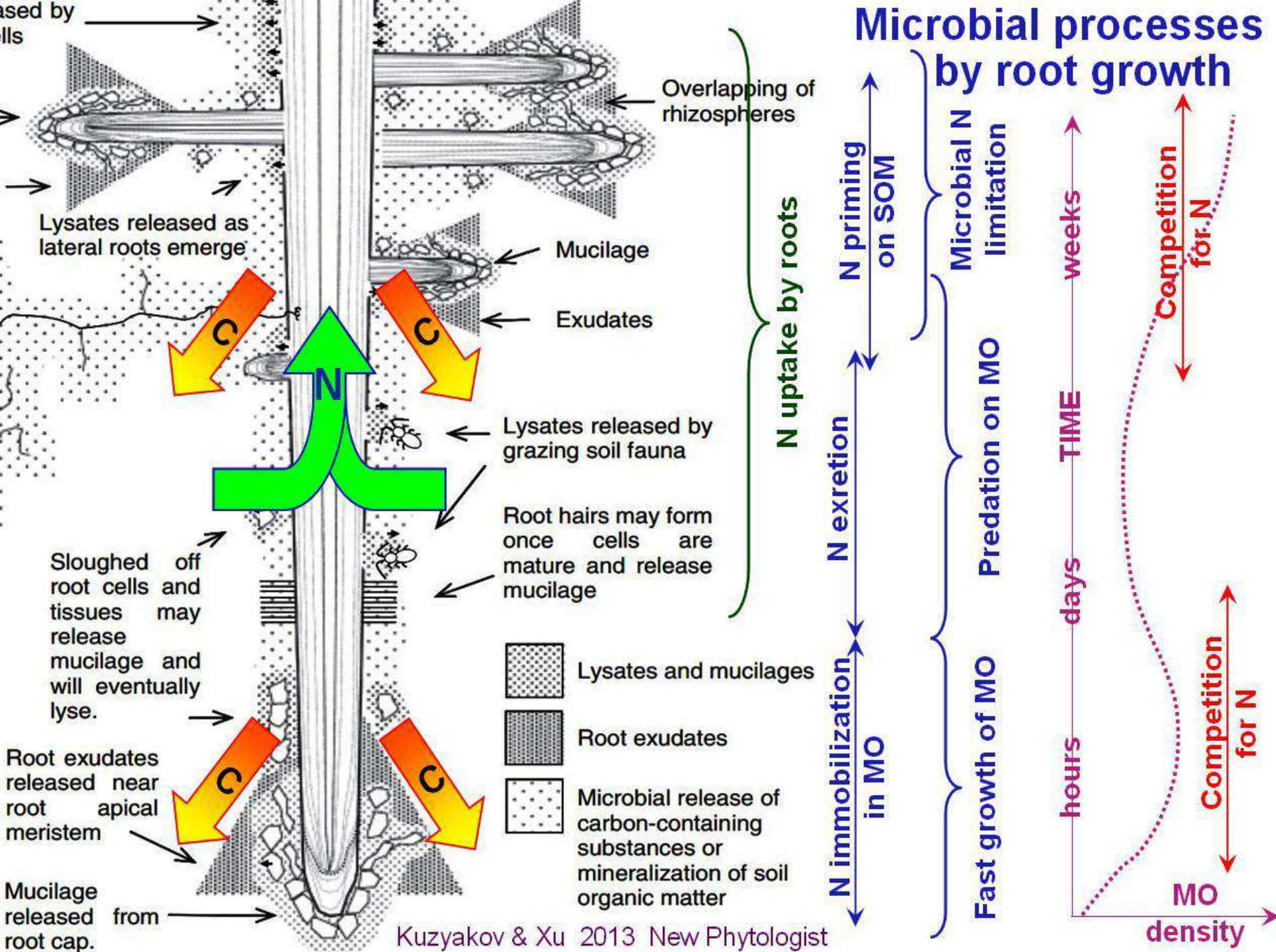
- Les racines des plantes hébergent une grande quantité et diversité de micro organismes

- Libération de carbone par les racines

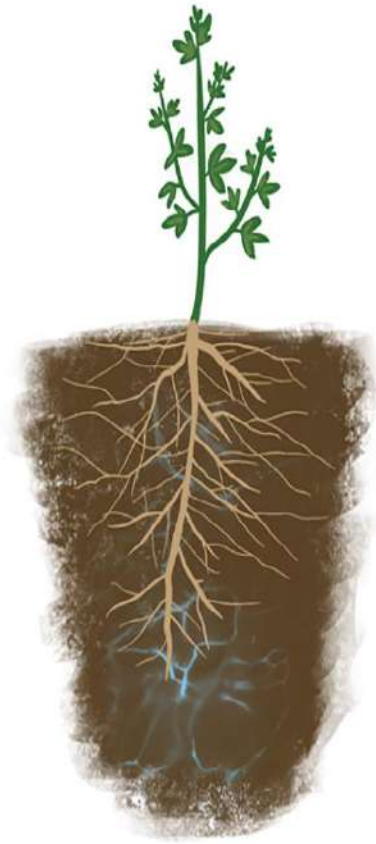


Dégradation de la SOM (protéases)

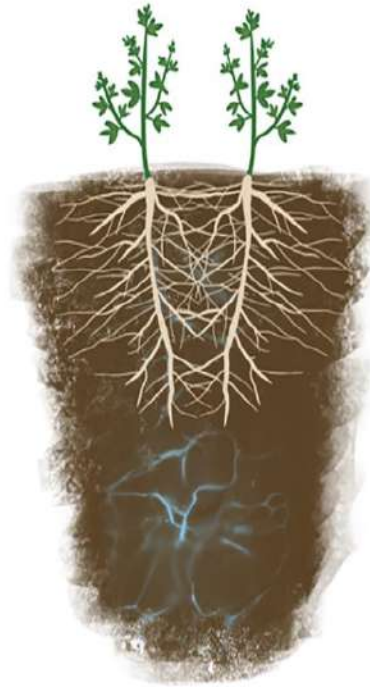
Repris de Philippot et al. 2013



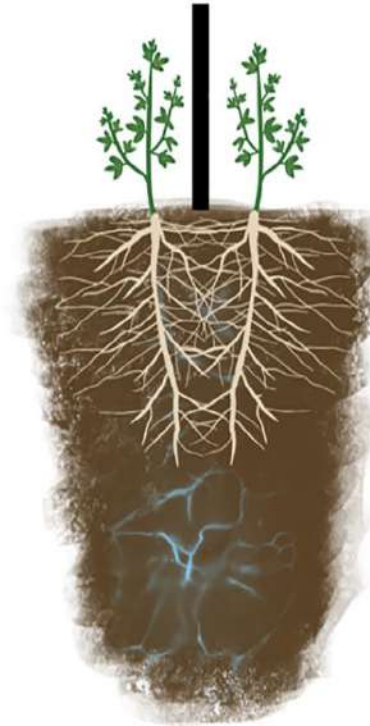
Competition treatments



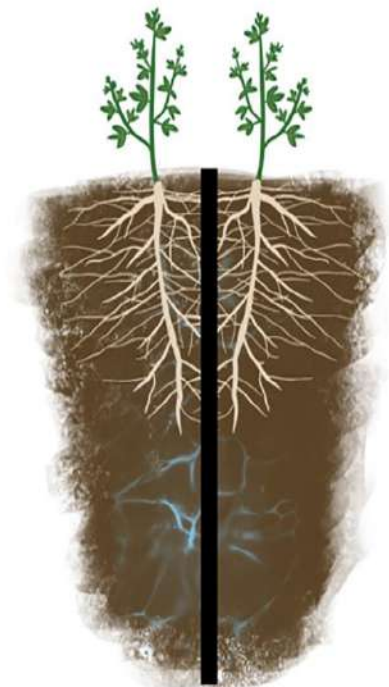
Control



Full Competition

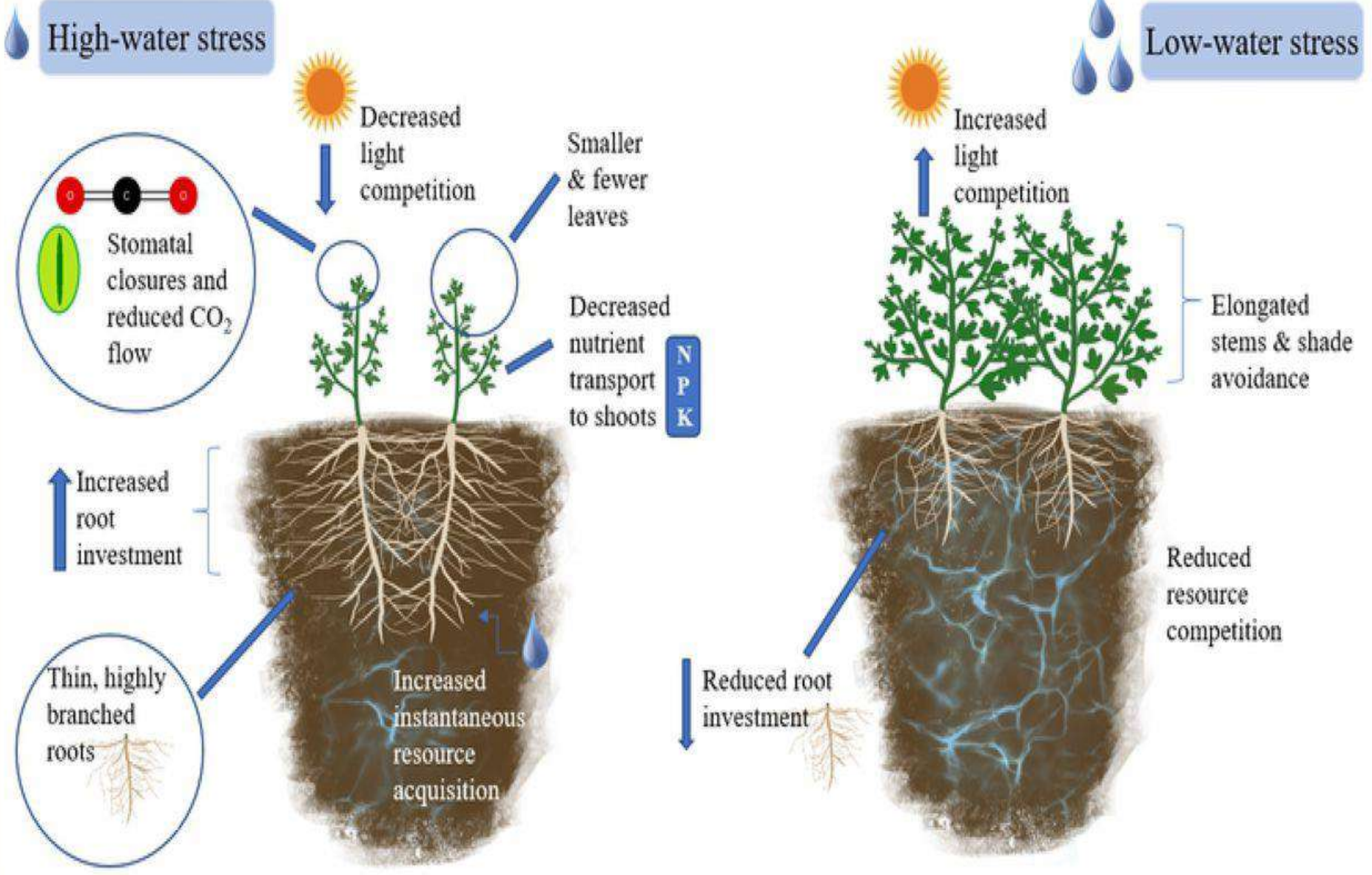


Root-only Competition



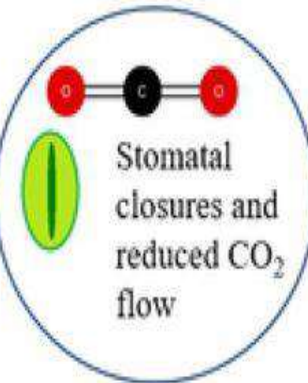
Shoot-only Competition

Water availability and competitive impacts on plant responses



High-water stress

Low-water stress



Decreased light competition

Increased light competition

Smaller & fewer leaves

Decreased nutrient transport to shoots

N
P
K

Elongated stems & shade avoidance

Increased root investment

Reduced resource competition



Increased instantaneous resource acquisition

Reduced root investment

Thin, highly branched roots

Partie 1. Les systèmes racinaires

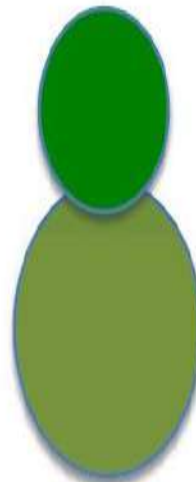
- Disponibilité forte des nutriments du sol & eau

Compétition pour la lumière



- Disponibilité faible des nutriments & eau du sol

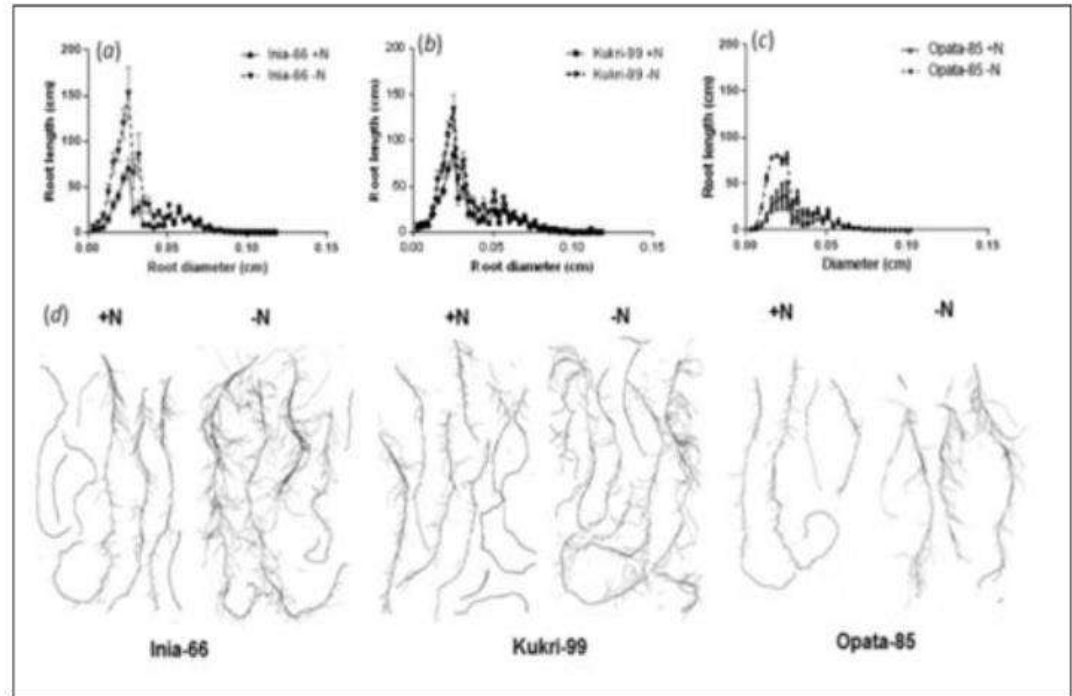
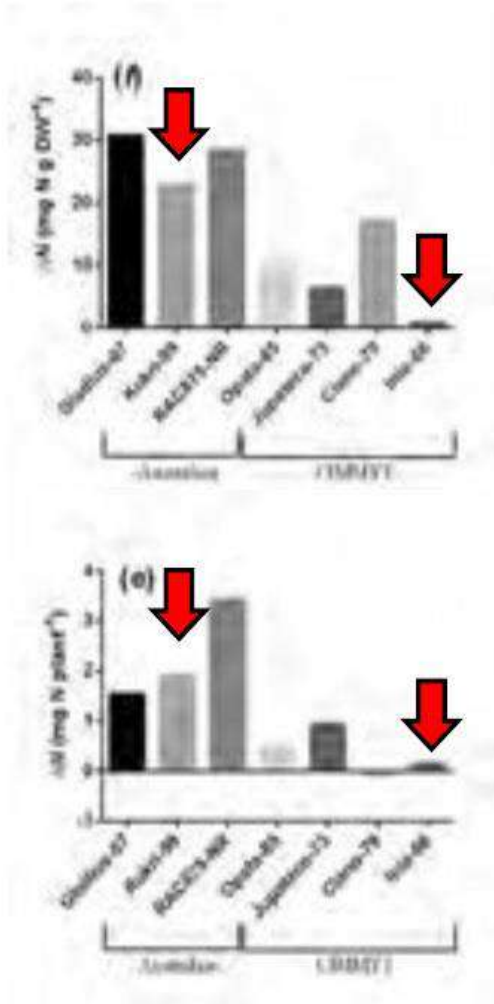
Compétition pour l'eau et nutriments



- Plasticité du système racinaire en réponse aux conditions limitantes
- Les plantes peuvent s'adapter en modifiant l'allocation de biomasse

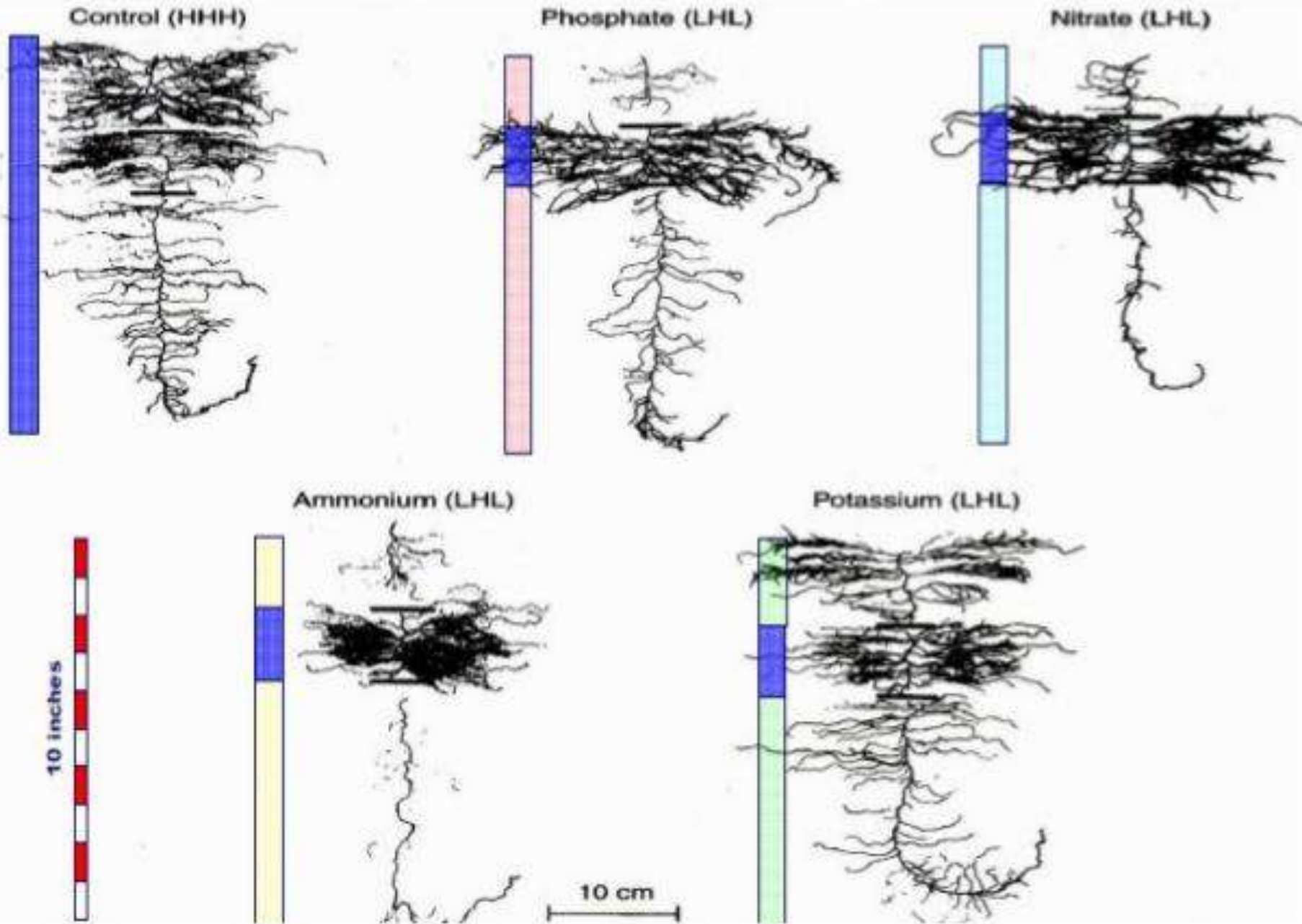
HETERORHIZIE « heterorhizy »

More roots, more N ?



Melino et al 2015, accepted

N and P promote root branching and proliferation

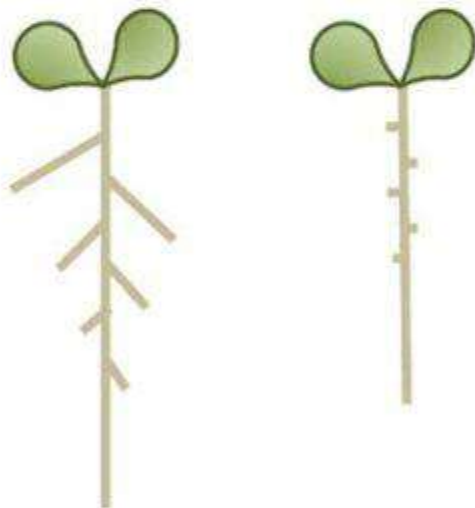


Competition belowground: Root growth is extremely plastic

When soil resources are abundant, plants allocate less biomass to their roots

Low NO_3^-

High $\text{NO}_3^- > 10\text{mM}$

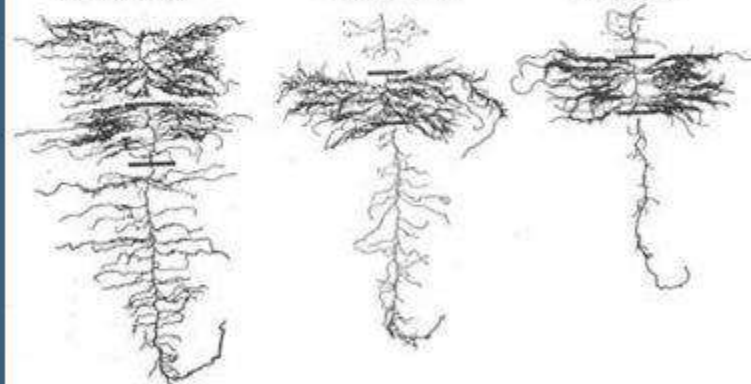


When nutrient distribution is patchy, roots proliferate in the nutrient rich patches

Control (HHH)

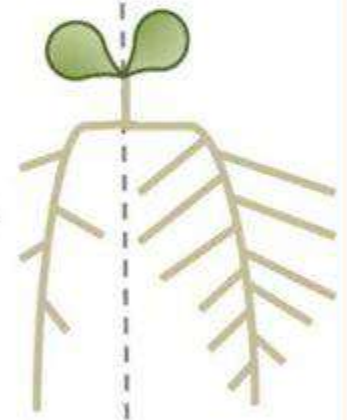
Phosphate (LHL)

Nitrate (LHL)

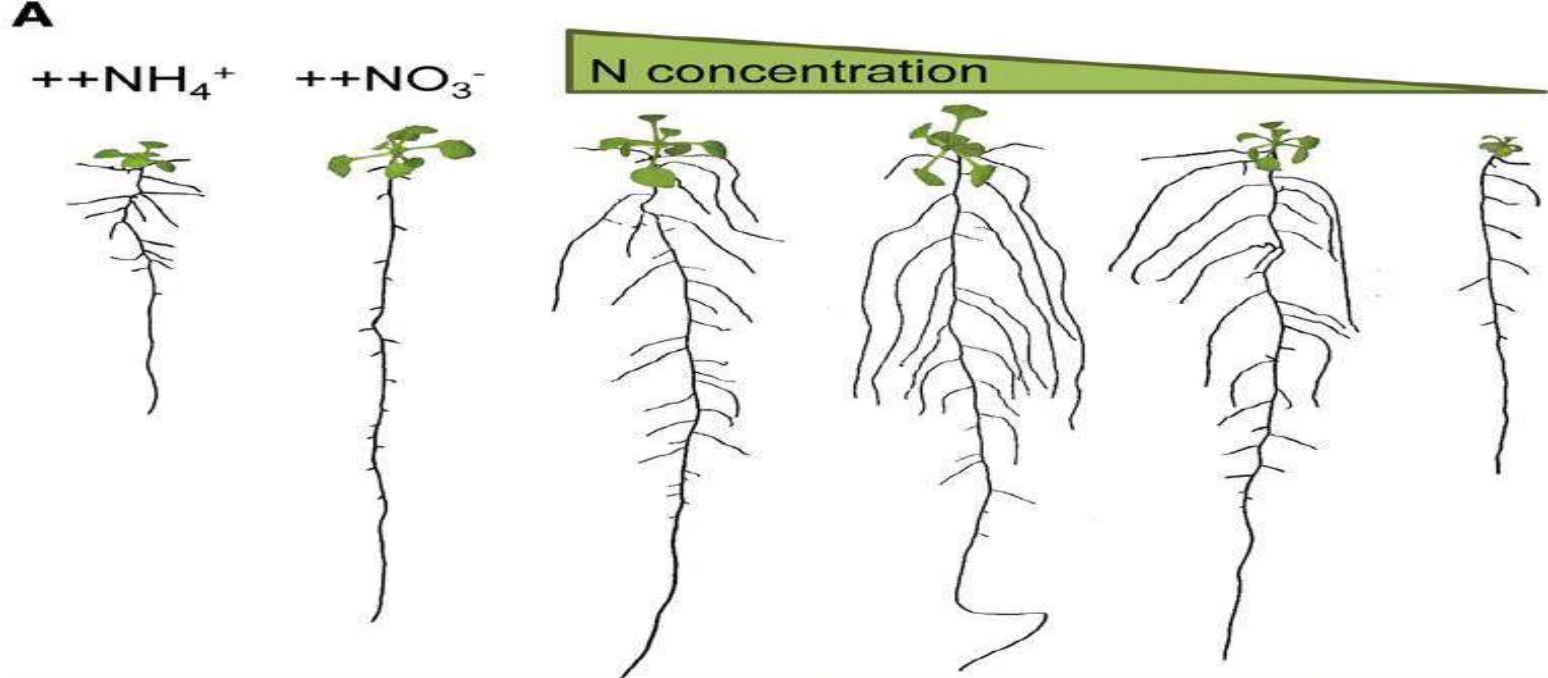


Low NO_3^-

High NO_3^-



Reprinted by permission from Wiley from Drew, M.C. (1975). Comparison of the effects of a localised supply of phosphate, nitrate and ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.* 75: 479-490. Reprinted from Bouguyon, E., Gojon, A. and Naury, P. (2012). Nitrate sensing and signaling in plants. *Sem. Cell Devel. Biol.* 23: 648-654, with permission from Elsevier. See also Gersani, M. and Sachs, T. (1992). Development correlations between roots in heterogeneous environments. *Plant Cell Environ.* 15: 463-469.

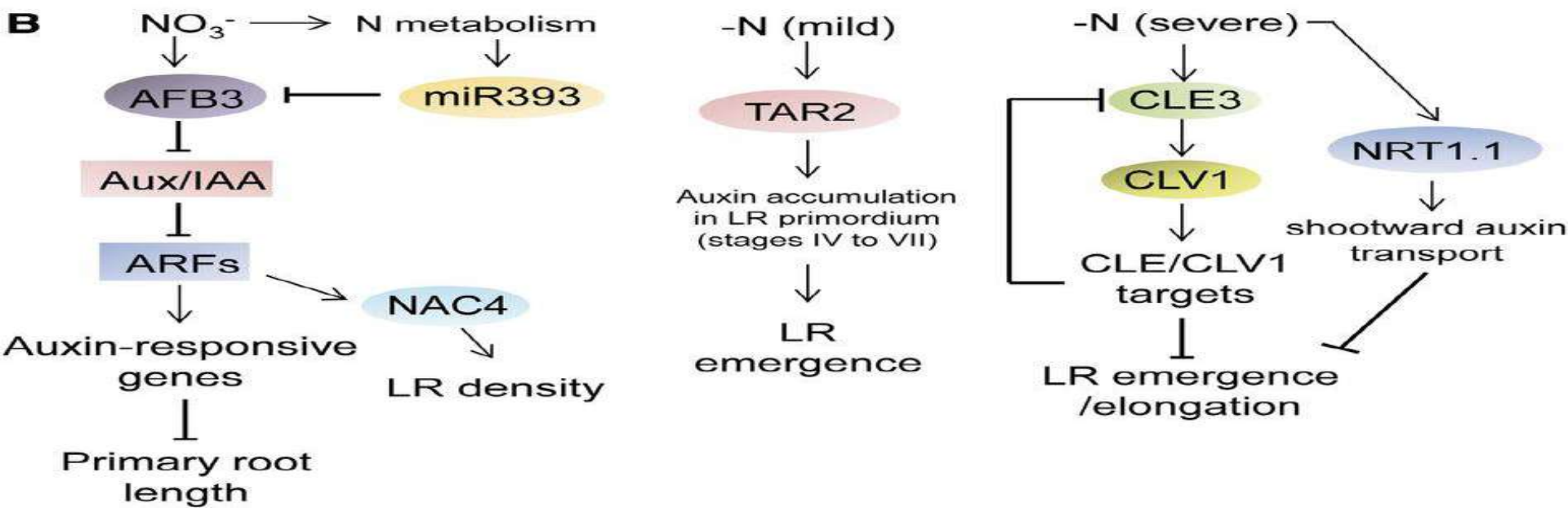


Systemic repression

Sufficient N

Foraging behavior

Survival strategy



40,000



70,000



90,000



(plants ha⁻¹)

Rôles des racines

Apport en eau et en éléments nutritifs

Maïs



Photo: Pioneer

Sorgho sucré



Photo par Marie-Noëlle Thivierge, 2010

Millet perlé sucré



Photo par Marie-Noëlle Thivierge, 2010

Effacité d'utilisation de l'azote (% du N appliqué)

28-60%¹

54-82%

Biomasse (t MS/ha)

3,6

2,3

1,3

Longueur (km/ha)

24 600

34 350

42 450

Source: Thivierge et al., 2015

M. N. Thivierge & al

¹ Nyiraneza et al. 2010; Stevens et al. 2005; Tran et al. 1997; Liang et MacKenzie, 1994; Reddy et Reddy, 1993

has a significant positive correlation with nitrate depletion (Wiesler and Horst, 1994). Therefore, increasing root proliferation in deep soil by crop improvement through breeding (Mi *et al.*, 2010; Lynch, 2007, 2011) or agronomic N management may be a promising way of enhancing N use efficiency under high N input conditions. Our experiment demonstrates that the vertical distribution of roots in the soil profile can be manipulated through N management to enhance nutrient capture and uptake by crops (Mi *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2012).

In intensive cropping systems characterized by high input and high output, chemical fertilizers are usually overused. However, overapplication of N cannot further increase grain yields in most cases. Plant N content is significantly correlated with shoot biomass (Reich *et al.*, 2006). Under the same conditions, an N-efficient maize variety has higher shoot biomass and larger root size and takes up more N than does an N-inefficient variety (Kamprath *et al.*, 1982; Peng *et al.*, 2010). There is a positive relationship between grain yield and root size in maize (Barber and Mackay, 1986). Maize cultivars having high root length density enhanced the utilization of soil N and thus reduced the risk of nitrate leaching (Wiesler and Horst, 1994). However, in some cases with high soil fertility, the amount of N taken

up by maize can be driven by the demand of shoot growth rather than by the size of the root system (Peng *et al.*, 2010; Ning *et al.*, 2012). In general, increasing application of N fertilizer will increase grain yield. However, this does not mean that the more N that is applied the higher the grain yield that can be achieved. A linear relationship between shoot N content and green leaf area has been reported for a wide range of crops (Lemaire and Gastal, 1997; Plénet and Lemaire, 1999; Lemaire *et al.*, 2007). There is a critical N concentration, e.g. the minimum percentage of N in shoots required to produce the maximum aerial biomass at a given time (Plénet and Lemaire, 1999). Overapplication of N cannot further increase shoot biomass and grain yield of maize plants (Boomsma *et al.*, 2009). Under field conditions, our results demonstrate that in comparison with the optimized N application, conventional N supply (overapplication) inhibits root growth at both the early growth stage (Fig. 4A) and the rapid growing stage (Fig. 4B), and cannot increase the final N content of the whole plant and thus the final grain yield (Fig. 4C and D). On the other hand, optimized N application involves not only controlling the total amount of chemical N fertilizer, but also synchronizing crop N demand and soil N supply by splitting the N applications (Peng *et al.*, 2012). In addition,

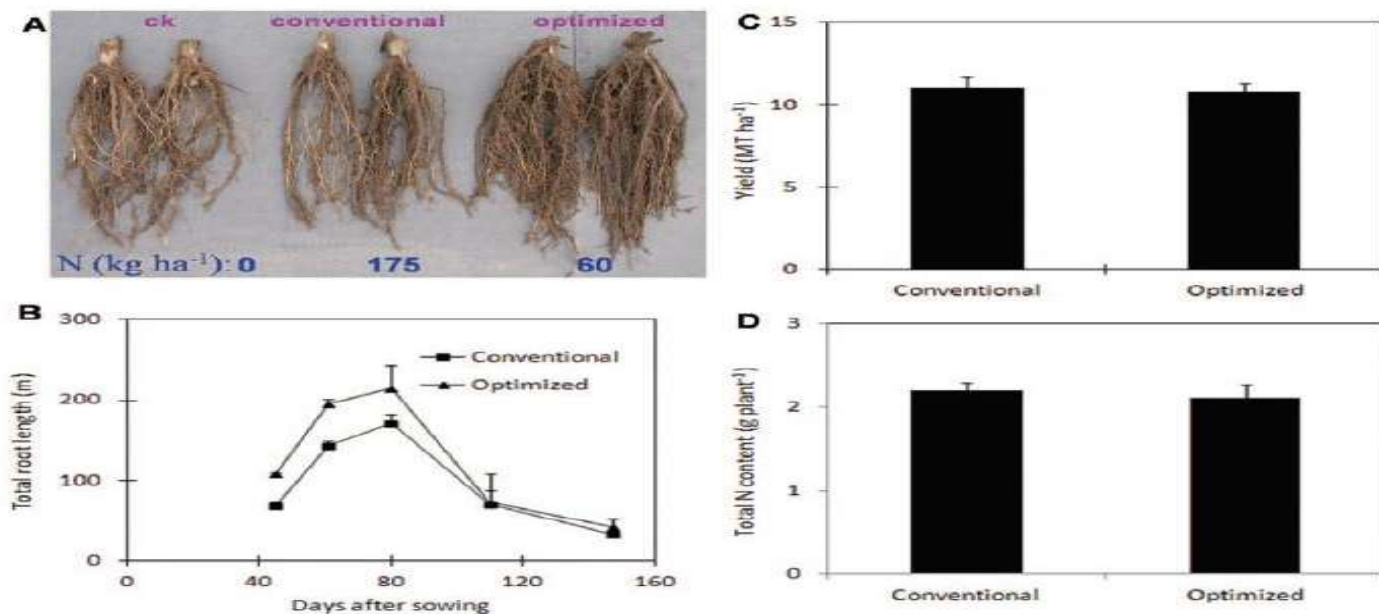


Fig. 4. Comparison of root growth in response to different N rates at the early stage of growth (A) and the whole growth period (B) and changes in grain yield (C) and total plant N content (D) at maturity with conventional and optimized N regimes in the field. Bars represent the standard error of the mean ($n = 4$).

La rhizosphère et la nutrition minérale des plantes :

Effet de l'absorption de l'azote minéral

racine

absorption

Nitrate (NO_3^-) : anion

Alcalinisation

Ammonium (NH_4^+) : cation

Acidification

pH 4.5

5.5

6.0

6.5

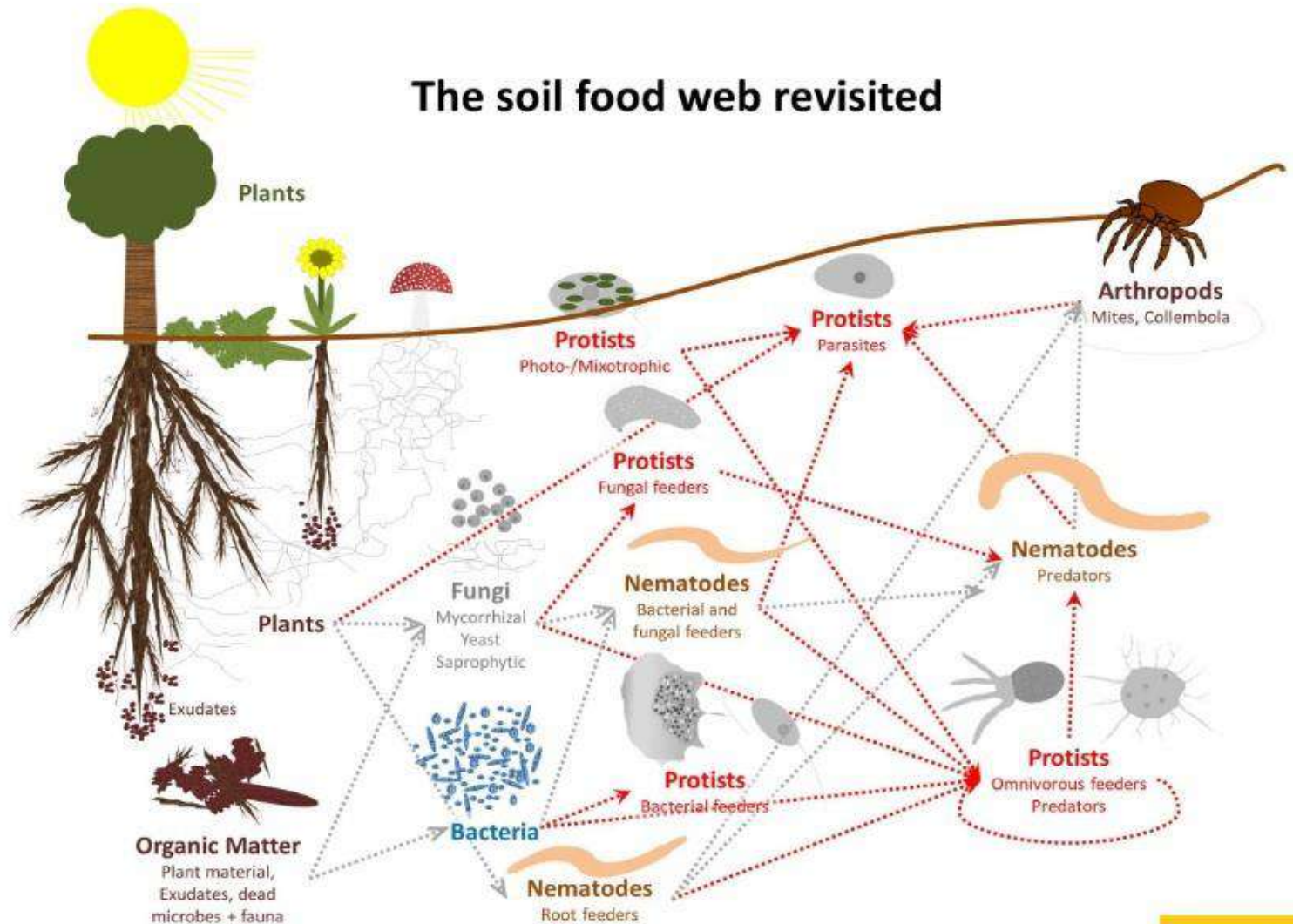
7.5

1A

2A

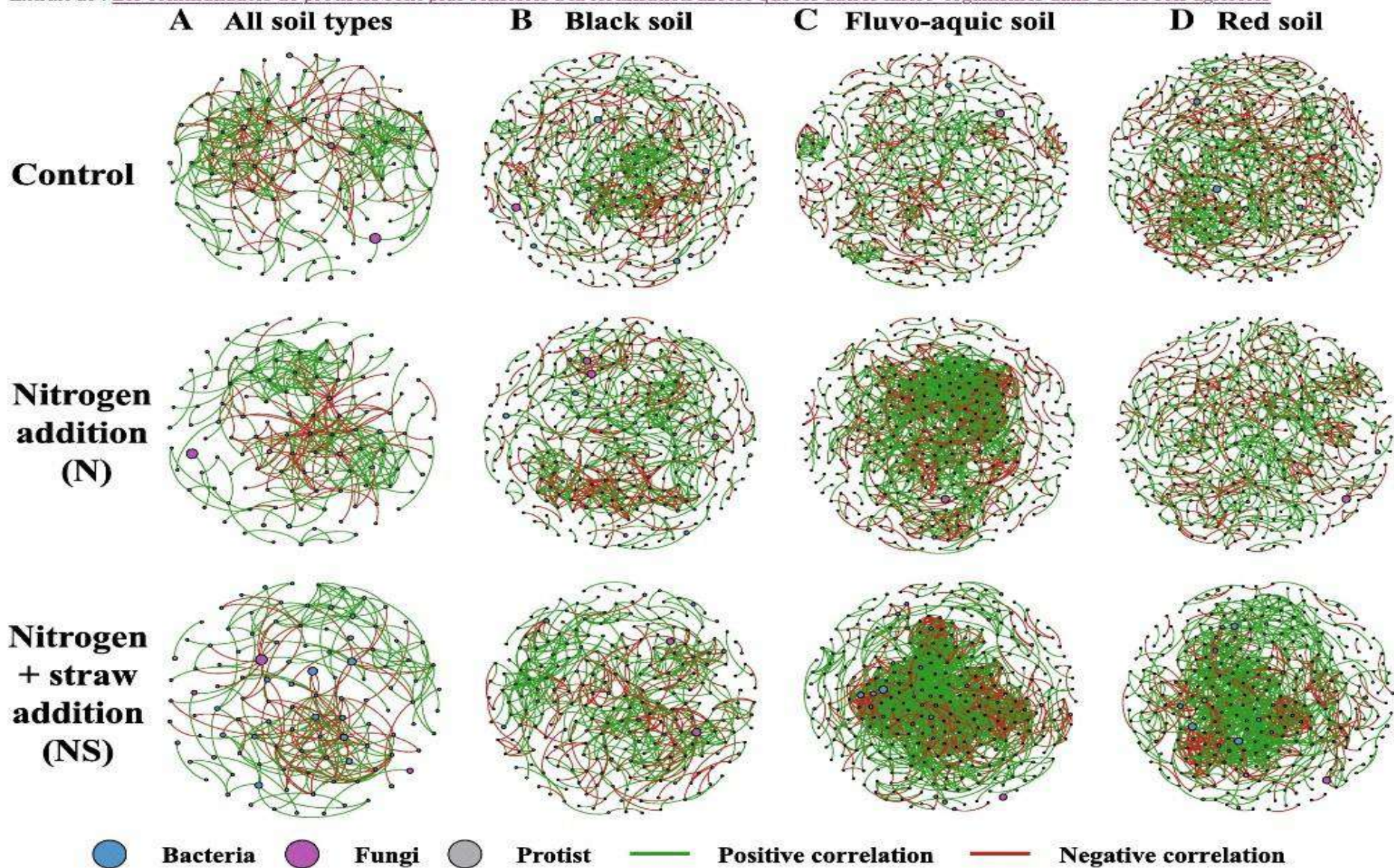
+ Nitrate + Ammonium
200 kg/ha

Ces résultats ont conduit à une révision conceptuelle du réseau trophique du sol (Figure 4, Geisen et al. 2016d).



S.Geisen & al 2016

Figure 4: Modèle conceptuel des réseaux trophiques du sol axé sur les divers nœuds occupés par les protistes

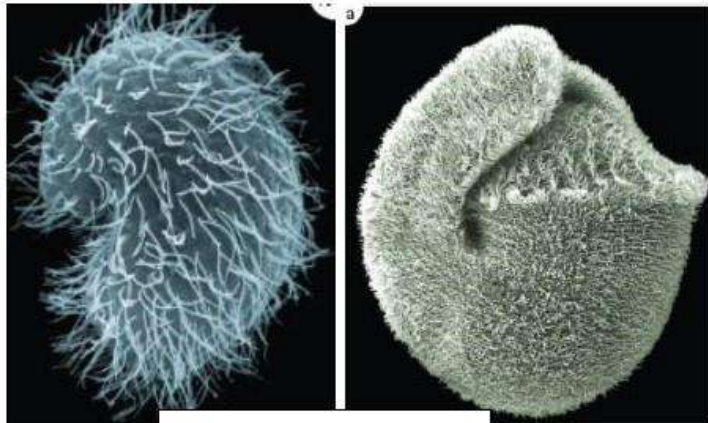


Les réseaux visualisent les effets du traitement de fertilisation (y compris l'absence d'ajout d'azote (témoin), l'ajout d'azote (N), l'ajout d'azote + paille (NS)) sur le schéma de cooccurrence entre les taxons protistes, bactériens et fongiques au niveau familial dans les sols. Les réseaux en (a) ont été construits sur la base du traitement de fertilisation de tous les types de sols. Les réseaux en (b – d) ont été construits sur la base d'un traitement de fertilisation pour chaque type de sol. La taille des nœuds est proportionnelle à l'abondance des taxons, et les nœuds remplis en bleu sont des taxons bactériens, en rose sont des taxons fongiques et en gris sont des taxons protistes. Les arêtes sont colorées en fonction des types d'interaction ; les corrélations positives sont marquées en vert et les corrélations négatives sont colorées en rouge

Devenir de l'azote organique

Entrée en jeu de la microfaune bactéricivore

Protistes



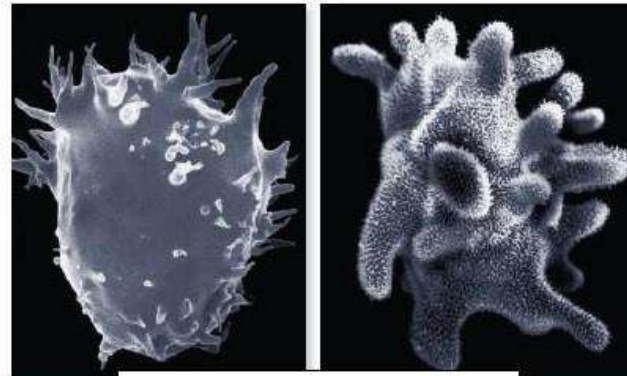
Colpodea sp. (Ciliés).



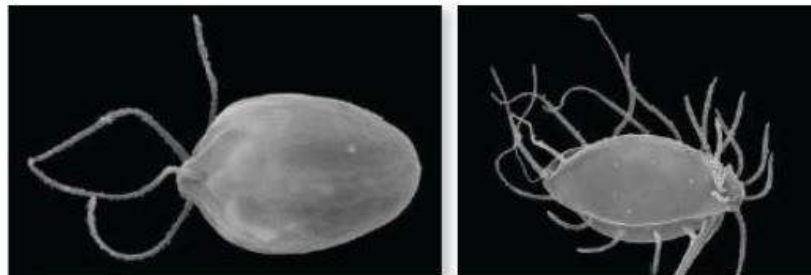
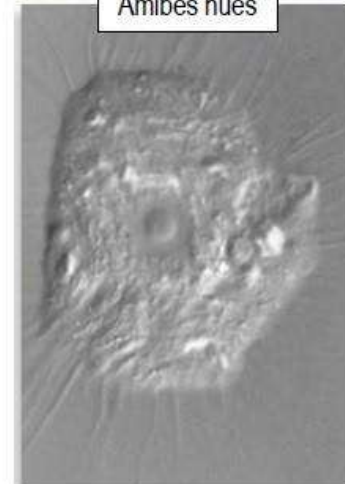
Breslauides discoideus (Ciliés).



Amibes nues

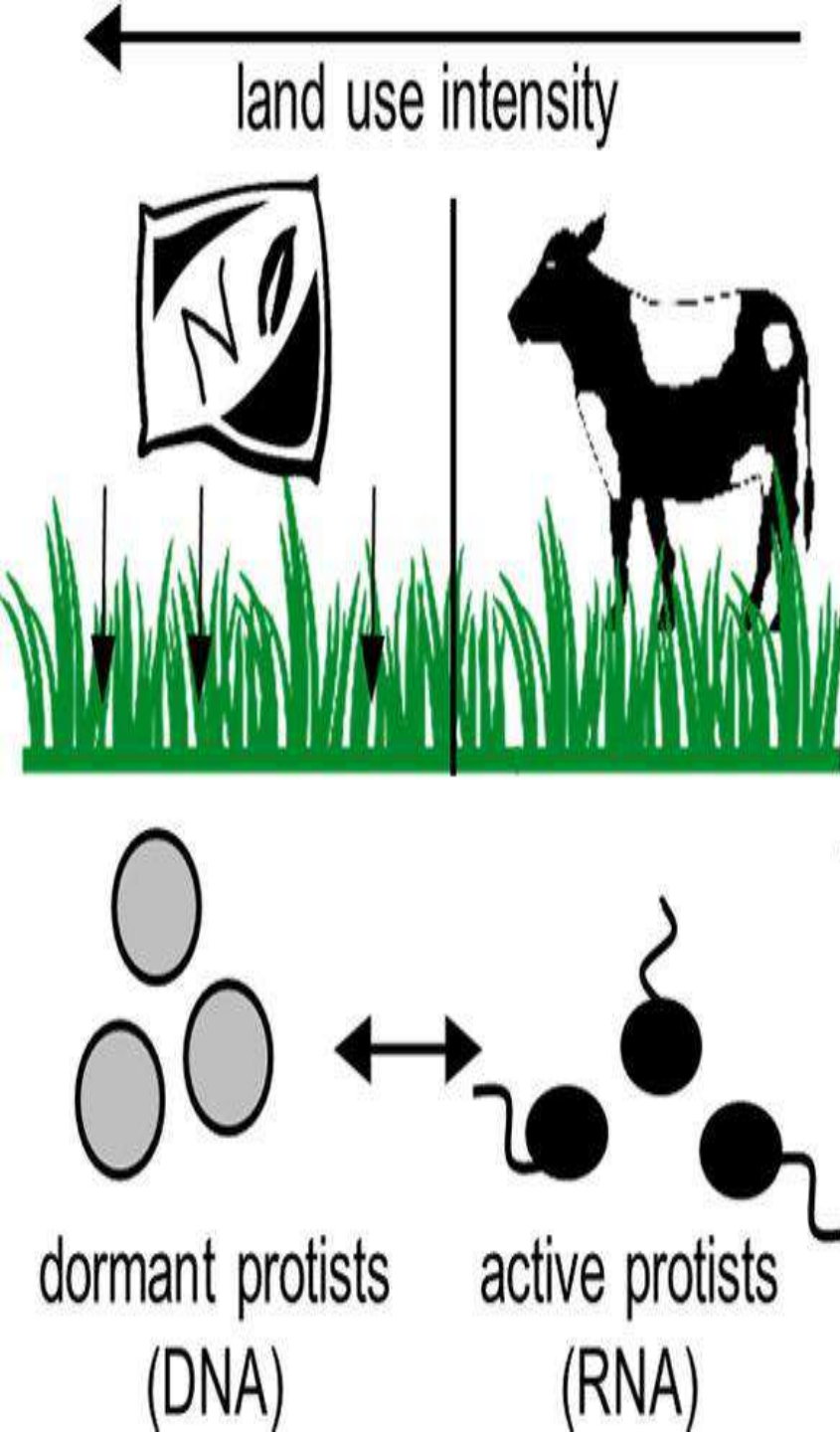


Amibes nues (plusieurs espèces)

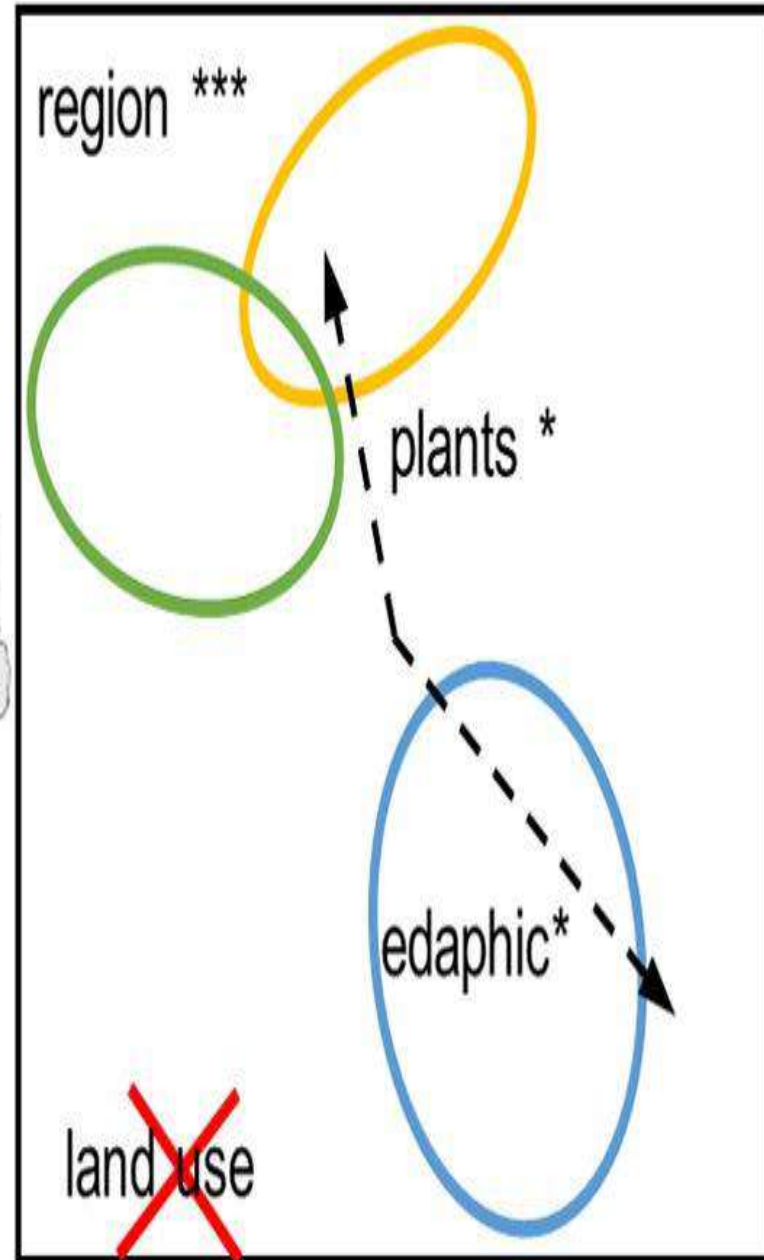


Flagellés (*Polytomella* sp. à gauche et *Hemimastix amphikineta* à droite)

Source: atlas de la biodiversité du sol



nMDS – protist community



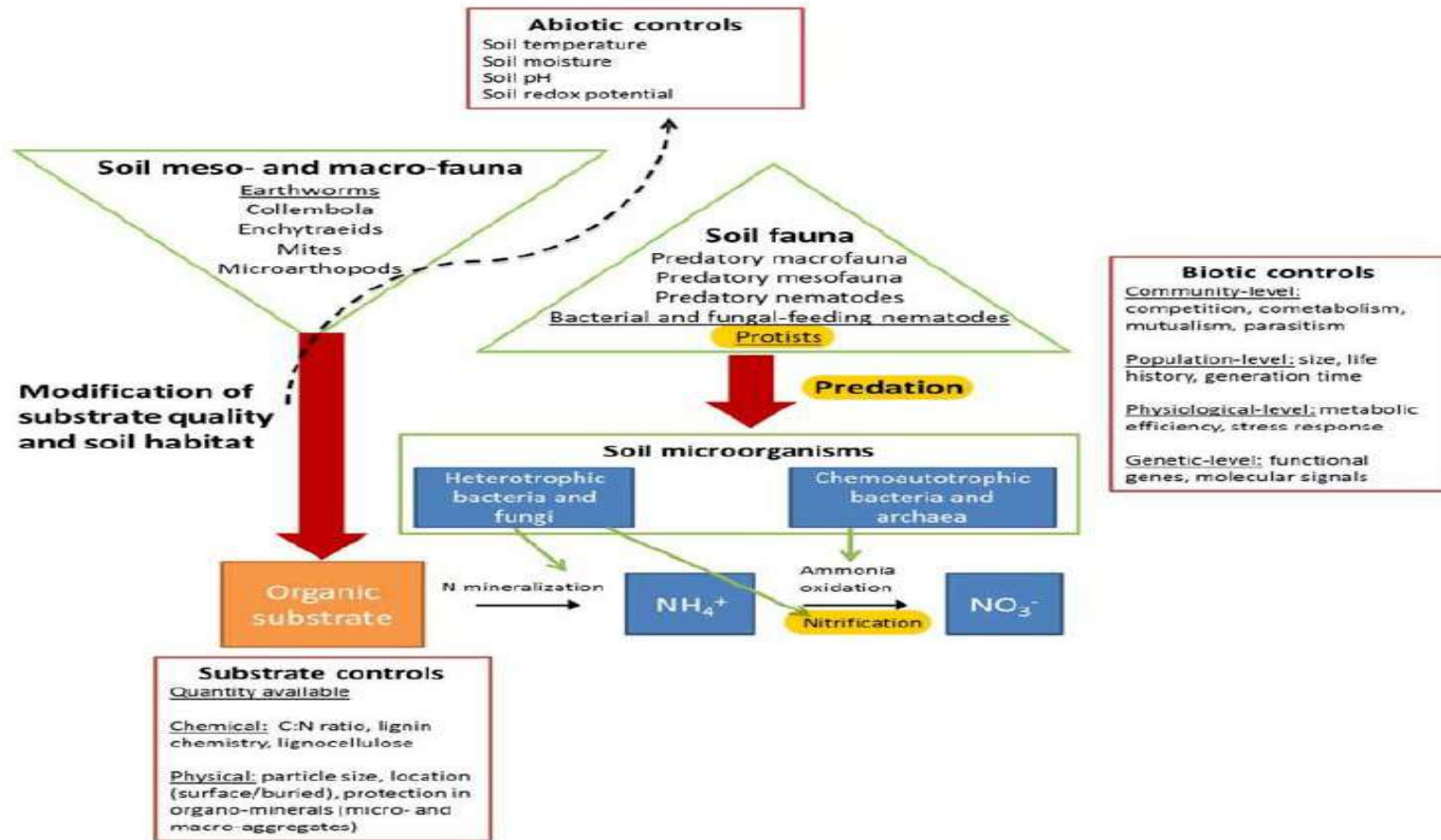


Figure 3 Soil food web controls on the microbially mediated N mineralization and nitrification reactions, showing the importance of predation dominated by the microfauna (protists, bacterial – and fungal-feeding nematodes, underlined) as well as substrate quality and soil habitat modification by soil meso- and macrofauna, predominantly earthworms (under-

the standing biomass per year) [44]. In a dryland wheat agroecosystem, N mineralization from bacteria and fungi released 10.1 g N/m²/year and an additional 4.9 g N/m²/year came from predation, probably by protists because they were more abundant (7-fold more biomass) than nematodes and microarthropods [45]. A portion of the N consumed by a microfaunal predator is retained within its biomass and may be recycled when the organism dies, or transferred to higher trophic levels within the soil food web. Only 2–3% of N was transferred from lower to higher trophic levels (e.g., from bacter-

ivorous nematodes to predaceous nematodes, then to nematophagous mites, and finally to predaceous mites) in a shortgrass prairie [43], which implies that food webs with predators at several trophic levels will stimulate NH₄⁺ release to the soil solution, since very little of it is retained in their biomass.

The N mineralization from predation contributes to the soil N supply, as demonstrated in controlled studies where plant N uptake and biomass accumulation were enhanced in the presence of predators such as protists [46], microbial-feeding nematodes [47], enchytraeids and

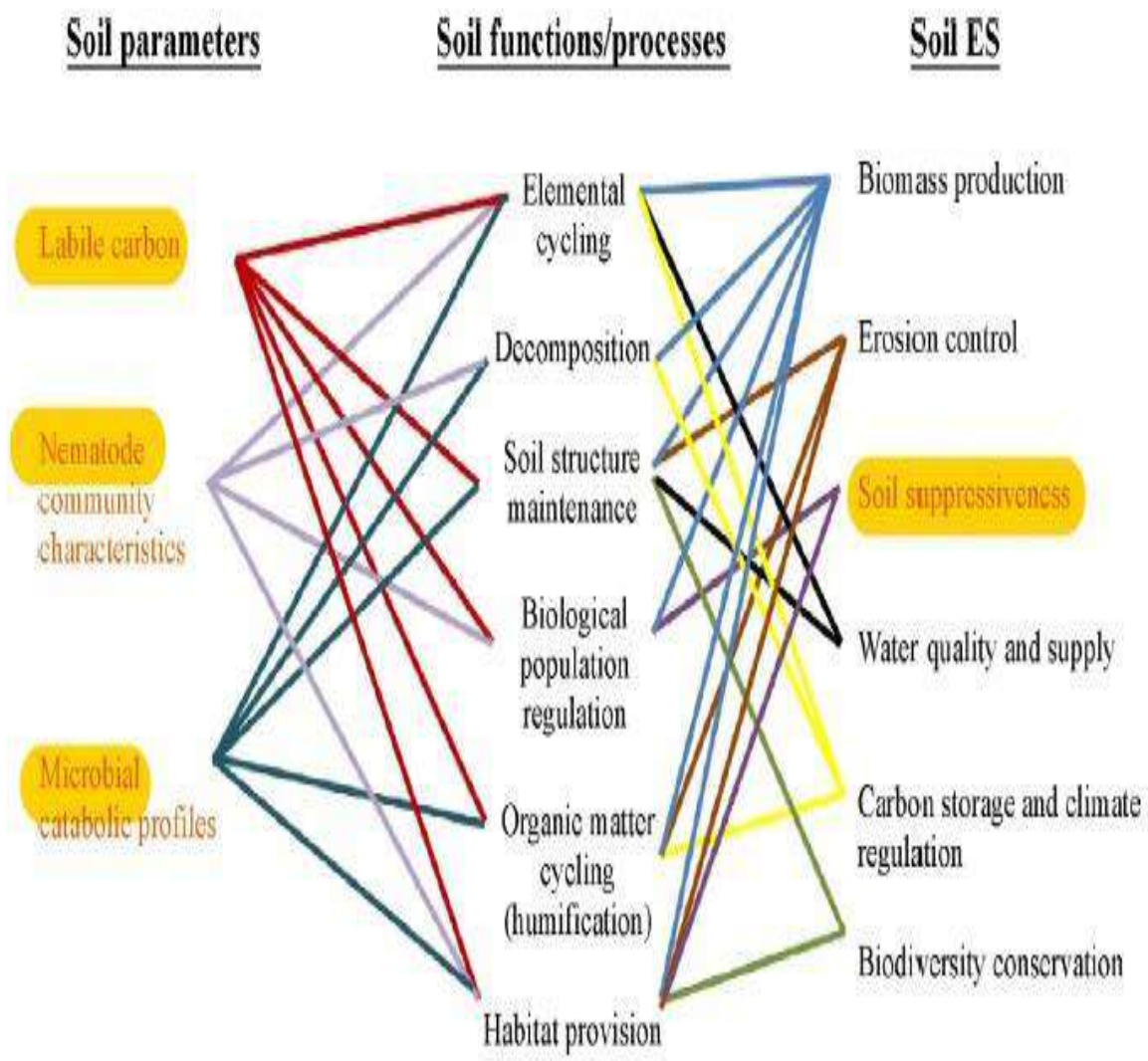
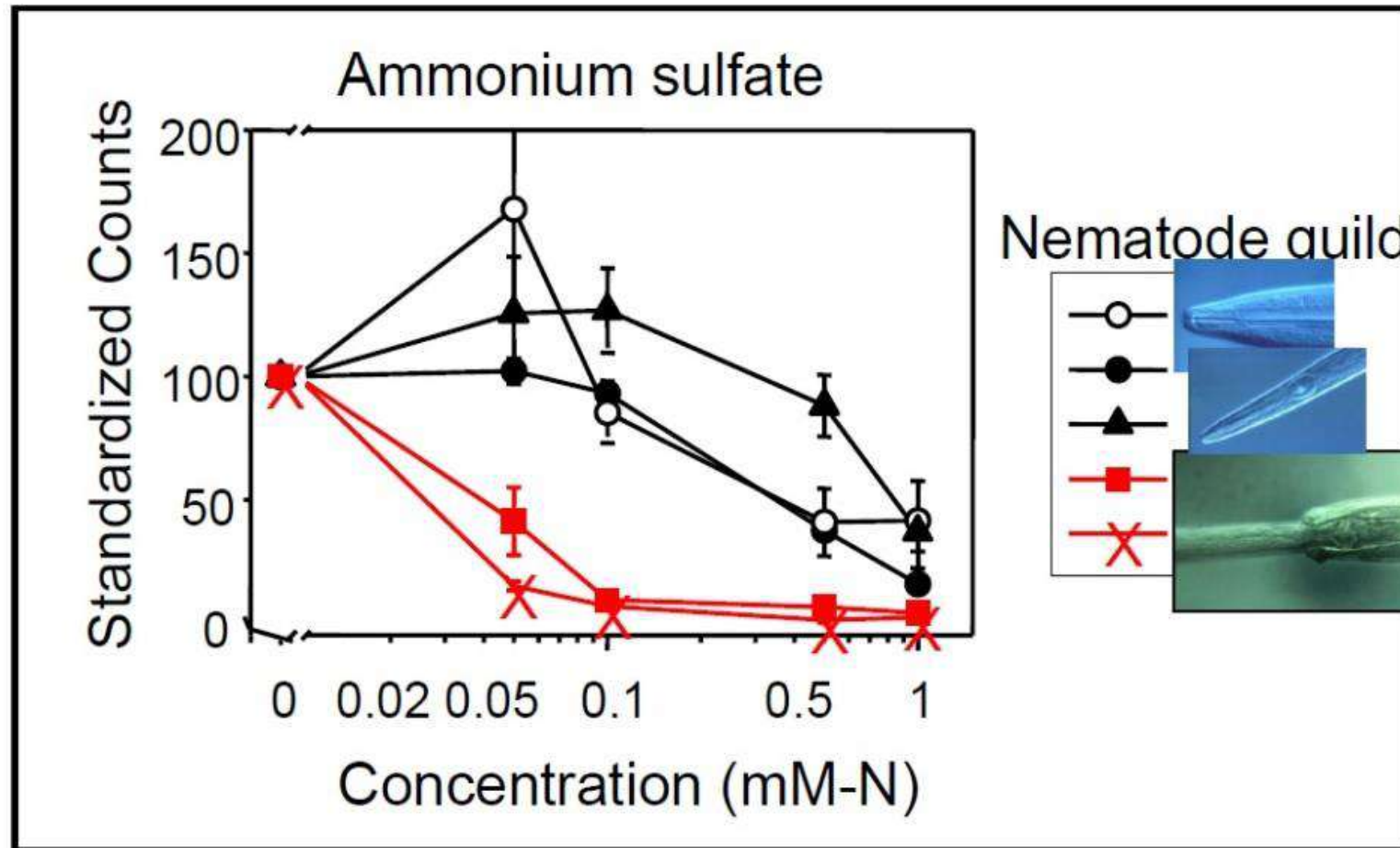


Fig. 1 Linkages between novel soil quality indicators (in orange), processes and ecosystem services (ES). Adapted from Bünemann et al.^[15].

Soil Food Webs – environmental effects on Structure

Nematode Sensitivity to Mineral Fertilizer

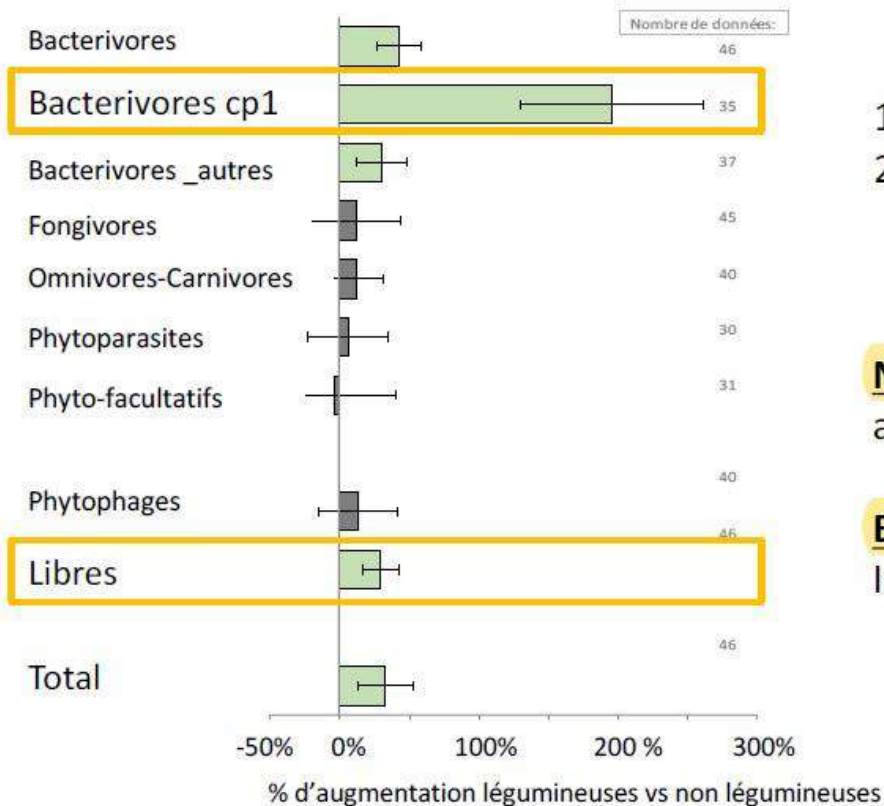




L'effet des légumineuses sur le fonctionnement biologique du sol

Une méta-analyse sur la nématofaune du sol

Villenave C., Chauvin C., Santune C., Cérémonie H., Schneider A.



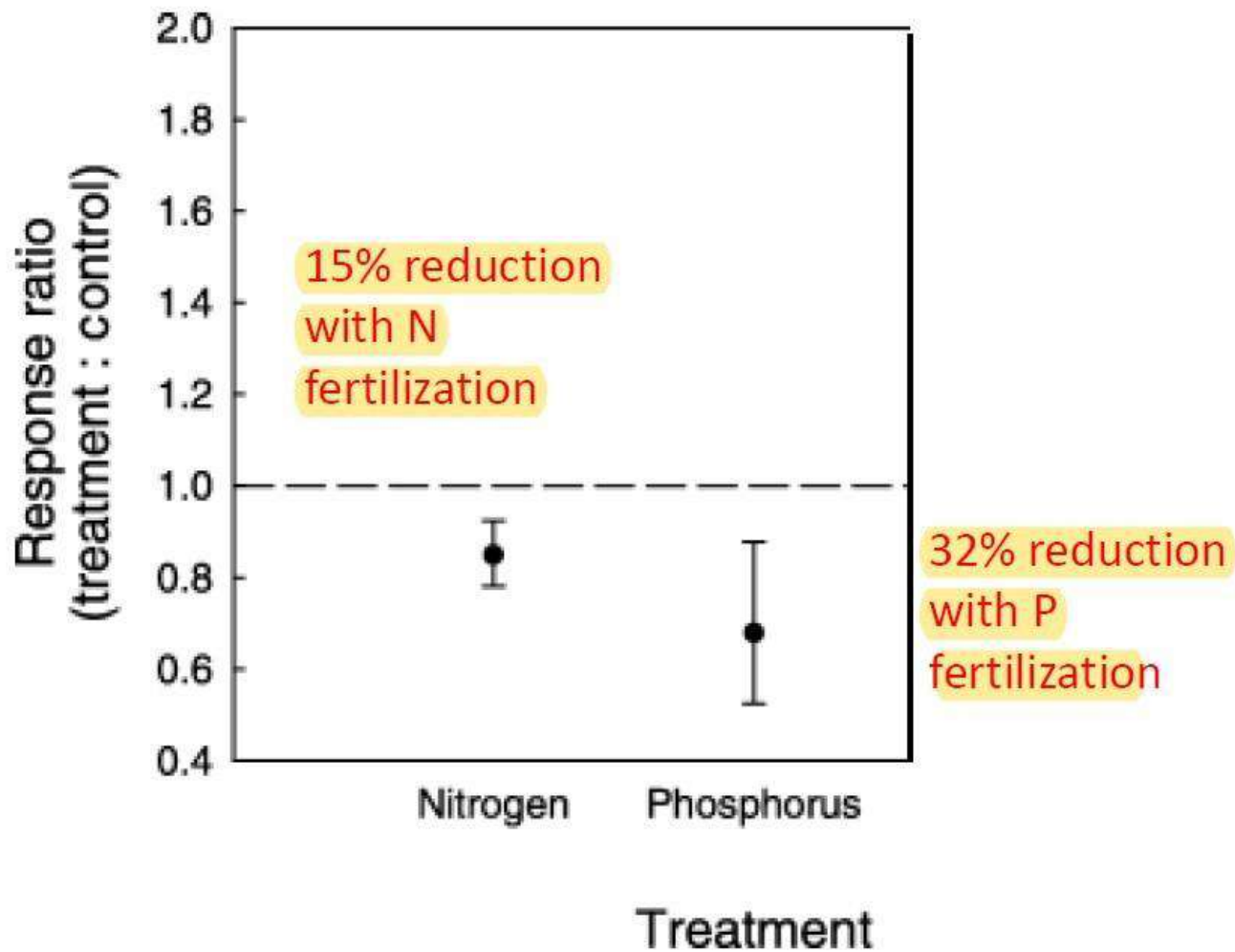
19 études

245 modalités: légumineuse vs non-légumineuse

Nématodes Libres =
augmentation de l'activité biologique du sol

Bactériovores cp1 =
Indicateur d'enrichissement du milieu

Fertilization Reduces Mycorrhizal Fungi



Fractions de la M.O.

- Matière organique labile ou active (5-10 %)
- Matière organique récalcitrante
- Humus

3000-8000 kg N/ha !

Calcul de l'azote produit par le cheptel

BOVINS				PORCINS				VOLAILLES			
Nombre de têtes	Effectifs	Kg N / unité	Total	Nombre ou produits / an	Effectifs	Kg N / unité		Total			
						Standard	Biphase				
Vaches laitières	97,85	83	8122	Traies et verrats		17,5	14,5				
Vaches de réforme		40,5		Porcelets		0,44	0,4				
Vaches allaitantes	1	68	68	Porcs charcutiers + de 30 Kg		3,25	2,7				
Bov mâles de plus de 2 ans		73		Total azote porcins (B)							
Génisses de moins d'un an	26,13	25	653	VOLAILLES				Effectifs	Kg / animal	Total	
Génisses de 1 à 2 ans	26,55	42,5	1128	Exemple Poulet standard = 30g	109700	0,041		4498			
Génisses de plus de 2 ans	16,47	54	889	Poulet label = 57g							
Ov viandes de moins d'un an	2,35	25	59	Dinde découpe = 208g							
Bov viandes de 1 à 2 ans		40,5		Total azote volailles (C)				4498			
Saux de boucherie 0 à 3 mois		6,3		Autres				Effectifs	Kg N / unité	Total	
Total azote bovins (A)			10919								
				Total azote autres (D)							

TOTAL AZOTE TOUTES ESPECES (A) + (B) + (C) + (D) = (E) 15417

Report des flux d'azote

		Bordereaux (O/N)	Cohérence DFA (O/N)	Conformité (O/N)
Quantité de N organique «sortant» chez les tiers conforme au PE et avec bordereaux valides	(F) 4500	O	O	O
Quantité de N organique «entrant» avec bordereaux	(G)			
Quantité de N éliminée par traitement ou transfert	(H)			
Total azote organique à épandre sur l'exploitation : (I) = E + G - F - H	(I) 10917		O	O
Ratio Directive Nitrates = (I) / SAU	121,1		O	O
Total azote minéral épandu	4988		O	O
Ratio N TOTAL (N organique + N minéral) / SAU	176,4		O	

N à gérer et N CORPEN	PPF	CF	Calculé	Ecart/ CF	%	Conformité (O/N)	Observations:
Quantité de N organique total à gérer		11026	10919	107	1	O	
Quantité de N organique non maîtrisable		4146	4065	81	2	O	
Quantité de N orga maîtrisable à gérer		6880	6855	25		O	

Mesure 3	Pratiques de fertilisation							Dose N Grille GREN	Résultat	Conformité (O/N)	Origine non conformité R- Ppf- Dose*
	Surface totale de la culture	N° ilots	Surfaces	Rdt PPF	Dose N efficace PPF	Dose N Apport CF	Rdt Référence				
Maïs		2	7,76	16	93	91	16	79	12	O	
Céréales		1-3	6,62	95	190	134	90	186	-52	O	
Herbes											
Autres											

Réalisation de l'analyse de sol annuelle/ Prise en compte du RSH

* R: Rendement surestimé, Ppf: Calcul erroné dans le PPF; Dose: Apport Supérieur aux préconisations

Marques et observations des contrôleurs

- Respect du 170 un/ha
- CF et PPF présents et remplis
- DFA 2016 reçue

Marques et observations de l'exploitant

Sur cette exploitation a été atteint le rdt de 107 g/ha avec 130N min dans des sols sablo-limoneux, moyennement profond en période de BV contentieux 160 bilan: -86N/Grille GREN!

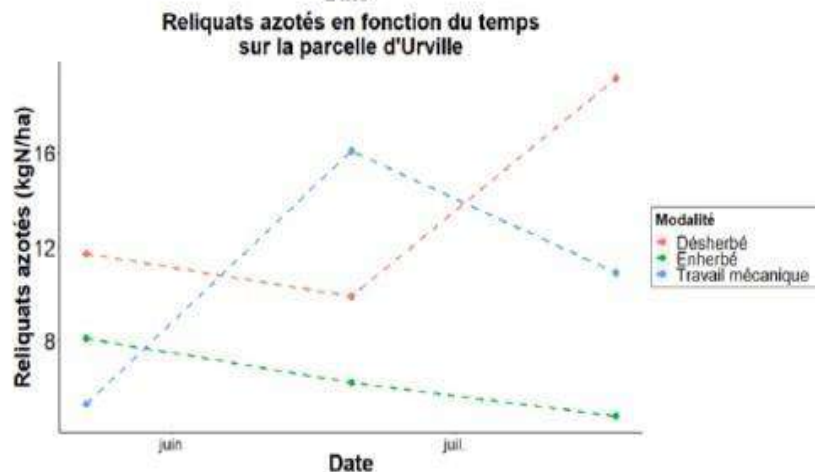
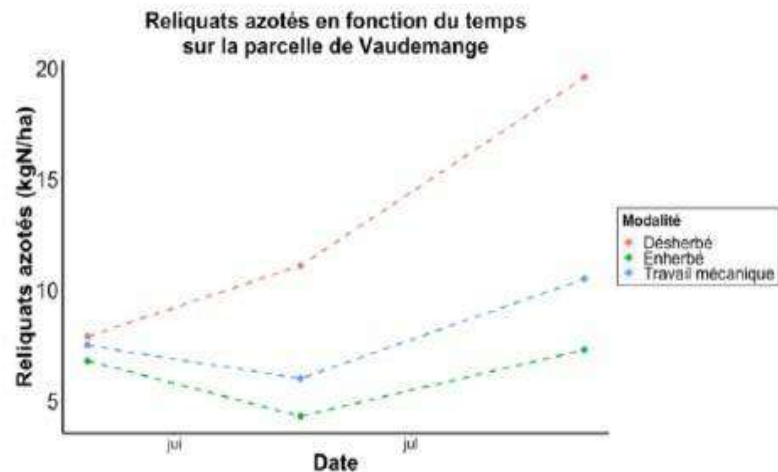
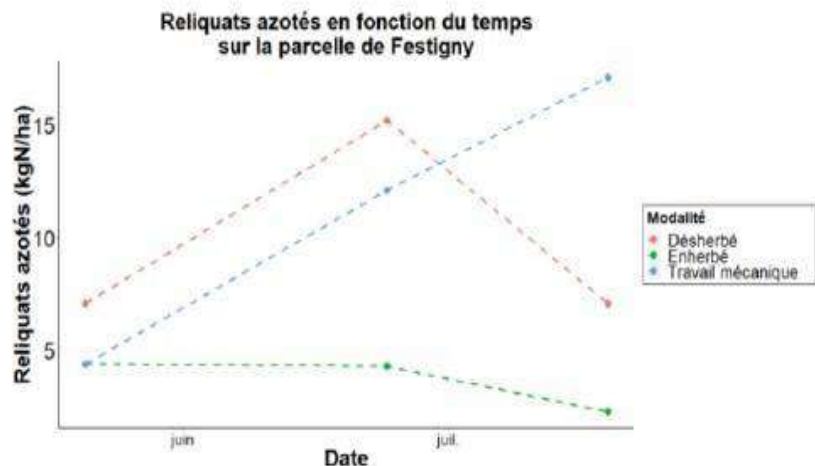


Figure 38 - Reliquats azotés en fonction du temps pour les parcelles de l'essai entretien du sol en 2019



Lionel Mesnage
@agronomix22

Bien qu'ayant signalé en vain il y a une dizaine d'années à un comité de pilotage BV, Chambre, administrations et autres que la méthode des bilans, RSH et OAD n'offraient pas de fiabilité suffisante, il aura fallu attendre 2017 pour que les choses bougent...

Piloter la fertilisation azotée du blé sans bilan ni RSH

Marie-Hélène Jeuffroy (INRAE)
Bertrand Gosselin (CA 27)
Christophe Ravier (INRAE, ARVALIS-IASTM)
Jean-Marc Meynard (INRAE)

Une nouvelle méthode de fertilisation N du blé sans objectif de rendement et sans RSH: pourquoi ?

- La méthode du blé: un objectif de rendement de la fertilisation azotée insuffisamment explicite, efficace et évolutif depuis 40 ans (cette part d'avis, largement débattue (COMFEN), devant une fédération agricole non limitée (FFR-11) tout au long du cycle.
- Plus
- De cerner précisément de quoi on parle: l'adéquation sur la matière d'énergie et l'impact de l'apport, jusqu'à la balance du RSH; pourquoi on doit choisir de développer plutôt différents d'objectifs de N: identifier les de la méthode (bilan) l'adaptation aux conditions locales (tempêtes) + analyse rapporté (RSH);
- Un manque d'efficacité de la méthode de bilan pour obtenir les impacts environnementaux (N2O, N2, CO2e, pertes, engrais...);
- Des cibles sans non valoriser l'existence de cibles (soit liées aux pertes ou à la balance de l'azote ou de la culture ou des aspects de l'apport...);



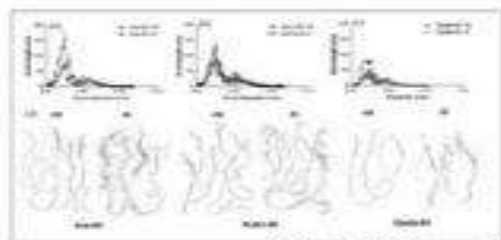
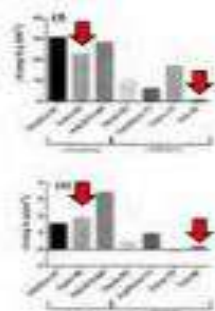


En respectant la notion de flux (entrant/sortant) C,N,P,S..de qualité de roche-mère à l'origine des sols cultivés et de leurs fertilités biologiques, d'ITK adaptés alors il est possible d'atteindre le ratio de 1 Nmin/Qtl de blé produit et rester rentable....

prairies/maïs ens./céréales. Objectifs rués revus ↓
fonction RU sols, pluvio (70 qtx/ha). Rdts obtenus de
90 à 100qtx/ha soit 1 à 1.11 N min/qtl produit....



More roots, more N ?



Mallino et al 2023, accepted



- Cations : à la surface des argiles et de la matière organique (complexe argilo-humique). Capacité d'échange cationique (CEC) :
 - Kaolinite 1 à 15 cmol/kg⁺
 - Illite 50 à 60 cmol/kg⁺
 - Smectite 70 à 120 cmol/kg⁺
 - Matière organique : environ 200 cmol/kg⁺
- Tous les éléments : inclus dans la matière organique (libération lors de sa minéralisation).



L'AVENIR DU PILOTAGE DE LA FERTILISATION AZOTE PASSE-T-IL TOUJOURS PAR LA METHODE DU BILAN COUPLEE A L'UTILISATION D'OAD ?

Etude de 4 OAD



Bouchard M.A.¹, Blondeau A.², Leclercq P.³, Andrianarisoa S.¹, Vandormeuille B.¹



¹ Charles Viollette Research Institute, EA 7394, SFR Condorcet FR CNRS 3417, ISA-Yncrea, 48 boulevard Vauban, 59014 Lille Cedex, France, ²Institut de Genéch, 348 Rue de la Libération, 59242 Genéch, ³Groupe Carré - 18 rue du calvaire, 62112 Gouy sous Bellonne
Contact : marie-astrid.bouchard@yncrea.fr

Contexte :

- Dose bilan
- Outils d'aide à la décision (OAD)
- **Utilisation OAD : Adapter en cours de campagne la dose apportée en fonction du statut azoté de la culture ou des fournitures du sol**
- OAD : différents principes de mesures (plante, sol, modèles...) → conseils variés, décalage possible de la dose bilan
- Avantages économiques et agronomiques renseignés par les fournisseurs, mauvaises connaissances de l'impact environnemental des OAD

Objectif : Etudier les performances agro-environnementales et l'impact des OAD sur le cycle de l'azote dans les agrosystèmes dans deux contextes pédologiques distincts (rendosol et brunisol)

Dispositif expérimental et mesures :

- Orge 2017, Blé 2018, Colza 2019, Blé 2020
- 2 conditions pédoclimatiques : Brunisol profond (Genéch, 59), Rendosol superficiel (Izel, 62)
- 5 stratégies d'apport d'azote
- Dispositif en bloc aléatoire à 4 répétitions

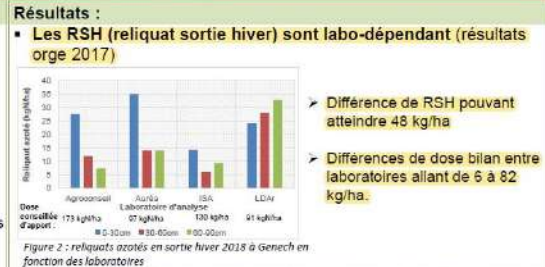
Modalités

AG	Agroconseil
AI	Airinov
FS	Farmstar
NT	N-tester
TF	Témoin fertilisé
TO	Témoin non fertilisé

Variables suivies :

- Performances agronomiques : Développement de la culture, Rendement, Teneur en protéines
- Performances environnementales : Reliquats (entrée et sortie hiver, post récolte)

Figure 1 : Autoanalyseur à flux continu, Skalar++



Conseils variables entre les OAD sans impact sur le rendement et la teneur en protéines (résultats blé 2018)

Brunisol (profond) | Rendosol (superficiel)

Tableau 1 : Doses d'engrais apportées en fonction des OAD

OAD	Dose moyenne apportée	Ecart à la DB
AG	236U	+36U
AI	228U	+28U
FS	210U	+10U
NT	200U	-
TF	200U	-
TO	0U	-200U

Tableau 2 : Doses d'engrais apportées en fonction des OAD (Rendosol)

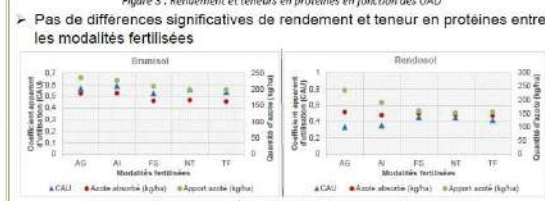
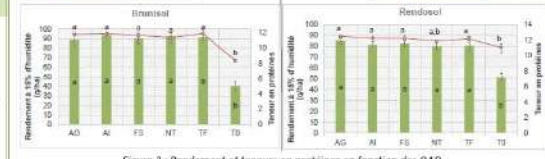
OAD	Dose moyenne apportée	Ecart à la DB
AG	240U	+80U
AI	190U	+34U
FS	160U	+4U
NT	153U	-3U
TF	156U	-
TO	0U	-156U

Conclusion et perspectives :

- Variabilité de la dose bilan entre laboratoires → lié aux différences de reliquat sortie hiver pour un même échantillon et car les références utilisées sont labo-dépendantes
- Conseils variables entre OAD et décalage de la dose bilan sans améliorations à la récolte → pertes économiques et potentiellement environnementales
- Variabilité du conseil plus importante sur sol de craie
- Les conditions météorologiques pas prises en compte → mauvaise valorisation des apports conseillés
- Perspectives :
 - Analyse de la solution du sol prélevée durant la période de drainage via un dispositif de bougies poreuses

126 bougies poreuses/site

- Devenir du dernier apport d'azote dans la plante et le sol : analyse suite à un apport de 15N
- Campagne de blé 2019-2020
- Modélisation du cycle de l'azote via STICS (Brisson et al., 1998) pour une meilleure compréhension de l'impact environnemental



- Pas de différences significatives de rendement et teneur en protéines entre les modalités fertilisées
- Plus la dose apportée est élevée, plus le CAU est faible
- CAU faible → mauvaise valorisation des apports (apports tardifs en conditions sèches)

Le besoin d'une alternative dynamique de pilotage de la fertilisation, prenant en compte la variabilité spatiale et temporelle des besoins en azote se fait ressentir (Ravier, 2017)

Références : Brisson, Mary, Ripoche, Jeuffroy, Rugot, Nicolajuk, Gatz, Devienne-Barnet, Antonietti, Duru et al. STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. Agronomie, EDP Sciences, 1998, 18 (4), pp.311-340. Ravier. Conception innovante d'une méthode de fertilisation azotée. Articulation entre diagnostic des usages, ateliers participatifs et modélisation. Sciences agricoles, Université Paris-Saclay, 2017.

Piloter la fertilisation azotée du blé sans bilan ni RSH

Marie-Hélène Jeuffroy (INRA)
Bertrand Omon (CA 27)
Clémence Ravier (thèse INRA-Arvalis-Ademe)
Jean-Marc Meynard (INRA)



Une nouvelle méthode de fertilisation N du blé sans objectif de rendement et sans RSH: pourquoi ?

- ▶ La méthode du bilan: un modèle de raisonnement de la fertilisation azotée scientifiquement solide, affiné et amélioré depuis 40 ans (poste par poste), largement diffusé (COMIFER), visant une nutrition azotée non limitante ($INN \geq 1$) tout au long du cycle

Mais

- ▶ de sérieux problèmes de mise en œuvre : controverse sur la manière d'estimer l'objectif de rendement ; manque de fiabilité du RSH ; importance des stades de développement réduit efficacité d'utilisation de N ; standardisation de la méthode réduisant l'adaptation aux conditions locales (*enquêtes + analyse rapports GREN*)
- ▶ Un manque d'efficacité de la méthode du bilan pour réduire les impacts environnementaux (nitrate dans l'eau, pertes gazeuses, ...)
- ▶ Des connaissances non valorisées (existence de carences azotées non préjudiciables; CAU lié à la vitesse de croissance de la culture au moment de l'apport, ...)

Une nouvelle méthode de fertilisation N du blé sans objectif de rendement et sans RSH: pourquoi ?

- ▶ La méthode du bilan: un modèle de raisonnement de la fertilisation azotée scientifiquement solide, affiné et amélioré depuis 40 ans (poste par poste), largement diffusé (COMIFER), visant une nutrition azotée non limitante ($INN \geq 1$) tout au long du cycle

Mais

- ▶ de sérieux problèmes de mise en œuvre : controverse sur la manière d'estimer l'objectif de rendement ; manque de fiabilité du RSH ; importance des stades de développement réduit l'efficacité d'utilisation de N; standardisation de la méthode réduisant l'adaptation aux conditions locales (*enquêtes + analyse rapports GREN*)
- ▶ Un manque d'efficacité de la méthode du bilan pour réduire les impacts environnementaux (nitrate dans l'eau, pertes gazeuses, ...)
- ▶ Des connaissances non valorisées (existence de carences azotées non préjudiciables; CAU lié à la vitesse de croissance de la culture au moment de l'apport, ...)

Changement de Paradigme en Agriculture

Agriculture raisonnée = Pilotage approximatif

Ex. **Méthodes du Bilan** (engrais, irrigation,...)

- Principe simple à comprendre
- Principe difficile à mettre en œuvre car :
 - Éléments du bilan mal connus (ex. drainage)
 - Éléments variables dans le temps (pluies, évaporation,..)
 - Éléments variables dans l'espace (sol, plantes,..)



Enclos funéraires protohistoriques, début avril, à Bertangles (Somme). Les céréales poussent plus vite à l'emplacement des fossés comblés



Même site, fin juin, après un orage. Les céréales trop hautes ont versé à l'emplacement des fossés.

Planche n°6 : orge d'hiver

SD d'orge le 20/08 !!!

Orge très développée, mais pas de problèmes de gel d'épis !

Moyenne : 80q avec 80uN, dans les 2 systèmes !

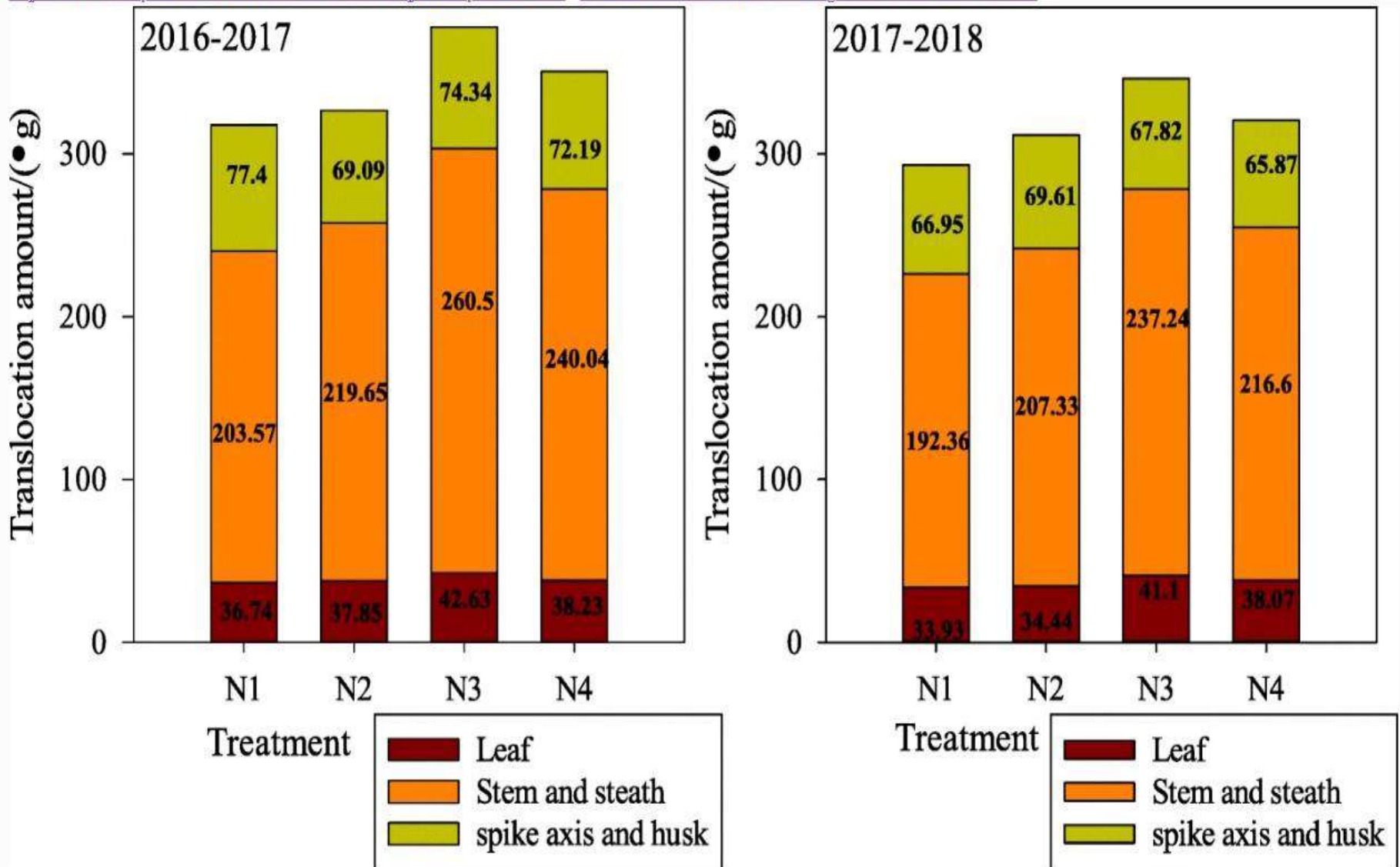
SD

Labour



Figure 5

Extrait de : [L'application fractionnée d'engrais azoté a amélioré le rendement en grains du blé d'hiver \(*Triticum aestivum* L.\) grâce à la modulation de la capacité antioxydante et à la mobilisation du photosynthate de \$^{13}\text{C}\$ dans des conditions d'irrigation économes en eau](#)



Effets de quatre traitements d'engrais azotés fractionnés sur la quantité de translocation de photosynthate de ^{13}C dans l'organe végétatif après l'anthèse



Lionel Mesnage

@agronomix22



Ferti. azotée "durable" des céréales: atteindre 106 qtx/Ha avec 80N min n'est pas le fruit de sciences occultes mais la prise en compte de données agro. sous estimées: porosité (air,..), enracinement, sol C N P S, climat (rayonnement,..), protection sanitaire

total/ha, N min ne fait pas le rendement mais y contribue. Meilleur ratio 0.75 N/qtl de blé (80 N min/106 qtx/ha) antécédent: P.Temp +5 ans



Year	Yield (qtx/ha)	N min (kg/ha)	Ratio (N min / Yield)
2003	106	80	0.75
2012	106	80	0.75

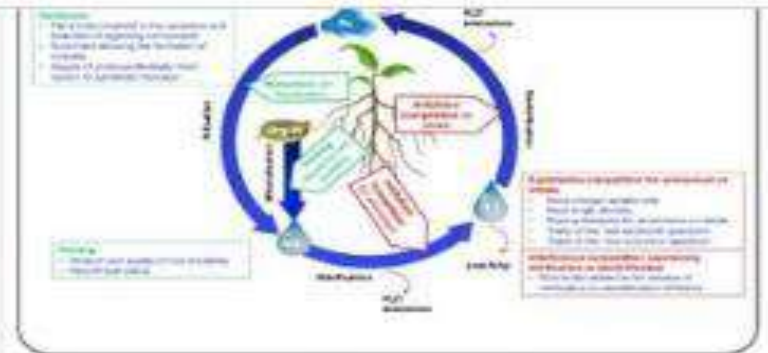
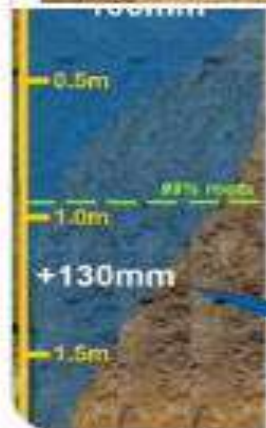


figure 3

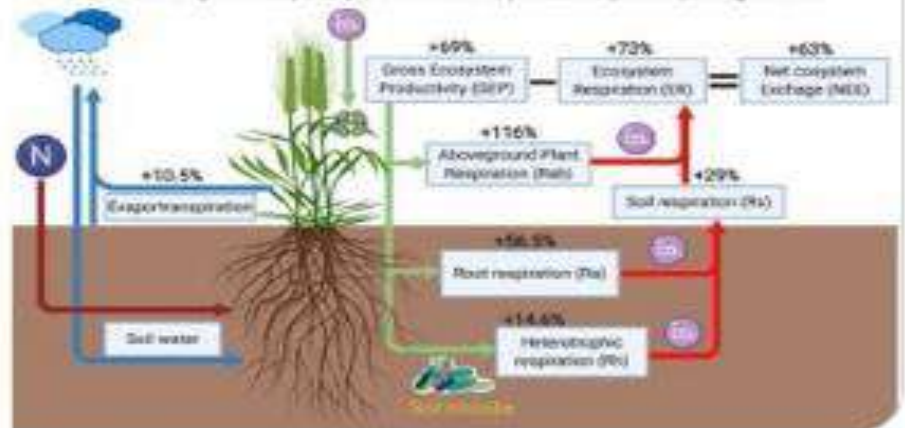
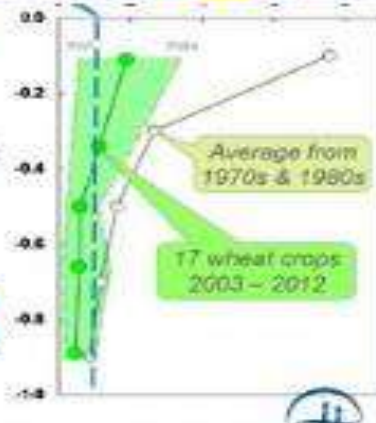
Quatrième dans la visio de figures | Power Point

Un schéma de la façon dont les plantes peuvent influencer les processus de cycle de N pour augmenter le



On-farm capture of soil resources

Potential





Lionel Mesnage

@agronomix22



Récolte orge 2 ème paille 66 N min pour 72 qtx soit 0.96N/qtx faire fonctionner l usine Sol en priorité



8:19 PM · 4 juil. 2017

Plessala BZH 22 Juillet 2022



Antéprécédent prairie 100qtx/Ha

Orge LG Caïman en TSL 180 Gr/M2 3x100 kg/Ha Ammo 33.5%



Lionel Mesnage
@agronomix22

...

Ajustement ferti N en cours de végétation sur terrain hétérogène, une nécessité agro. A la récolte +100qtx/Ha en zone foncière, 55 en zone séchante, objectif rdt revu à la baisse à 75/80 qtx: 78 qtx/ha au final pour 87 Nmin Total/Ha soit 1.11 Nmin/Qtl produit

(75/80 qtx/ha au lieu de 90/95). Suppression du 4ème apport, le blé Hyligo semé en basse densité en TSL devrait permettre d'atteindre 1.1 Nmin/qtl



rendement en cours de campagne



Réserve Utile de vos sols	Potentiel de rendement (qtx/ha) au sec		
	Évalué au 01/04/2014		
	Hypothèse climatique assez pessimiste	moyenne / année climatique médiane	Hypothèse climatique optimiste
20-30	25 qtx/ha	40 qtx/ha	55 qtx/ha
30-40	40 qtx/ha	52 qtx/ha	65 qtx/ha
100-120	50 qtx/ha	60 qtx/ha	82 qtx/ha

6:49 PM · 11 juil. 2022 · Twitter Web App

||| Voir les statistiques des Tweets



Lionel Mesnage

@agronomix22



Blé 2022, G...Jeune Agri me dit: "on remet les gaz" . Cette parcelle à l'historique très favorable et RU +180 mm a produit 119,2 qtx/ha avec 133 Nmin soit 1.11 Nmin/qtl. Ce ratio est beaucoup plus pertinent que le rendement en lui-même vu le contexte éco/env..



Blé Compadino 224Gr/M2 en TSL, précédent colza
119,2 Qtx/ha 133 Nmin Total/ha Juillet 2022 020422

7:33 AM - 19 juil. 2022



Lionel Mesnage

@agronomix22



Faire le lien C/N, stœchiométrie, nécromasse des sols,... peut conduire à ce résultat malgré une année difficile: RU 150mm, blé récolté tard 72 de PS, rdt 108 qtx (au lieu des 115), 100N/Ha.. Avoir des connaissances approfondies en agronomie en est la clé...



6:30 AM · 9 août 2023 · 2 362 vues



Armada en TSL 200 Gr/M2, 90QtX/Ha 87 Nmin Total/Ha
en 3 passages: 33.5N+27N+27N, suppression du 4ème
passage météo faible pluvio



Lionel Mesnage

@agronomix22



Blé Armada 120 gr / M2 battu ce jour 108.00 qtx/ha
130 Nmin soit 1.2 Nmin/qtl ,prot 12.3, sol prof moyen
,préc colza



5:26 PM · 15 juil. 2017 · Twitter for Android



Tweet

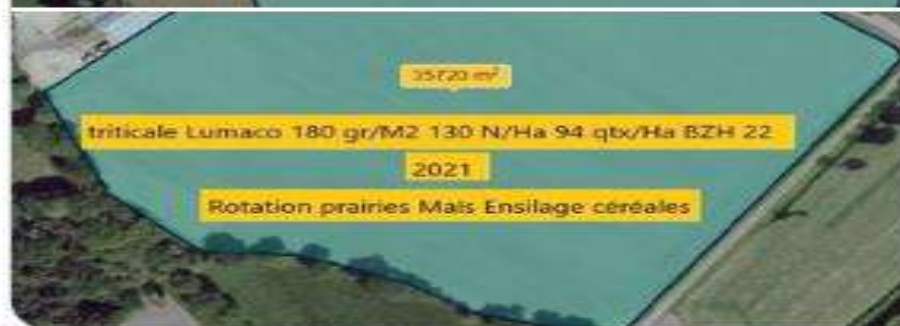
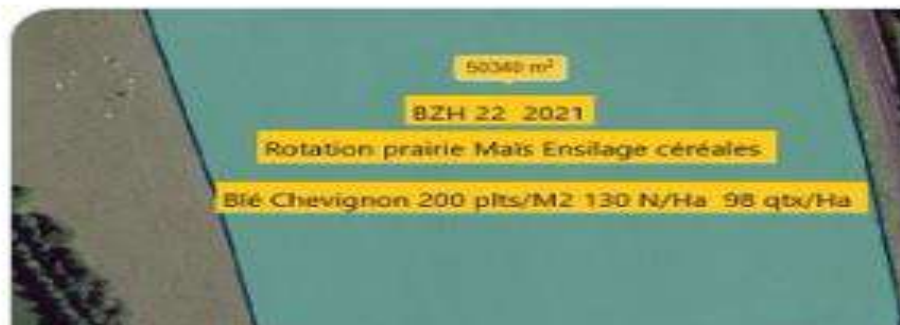


Lionel Mesnage

@agronomix22



Année céréale 2021 difficile : 4 zones, 4 exploitations, 4 parcelles, 100% TSL, même niv.ferti & rdt, résultats d'une méthode rodée depuis des années qui permet d'atteindre ces objectifs notamment par l'optimisation de la fertilité biologique/sol (rotation..)



6:07 PM · 8 sept. 2021 · Twitter Web App

|| Voir l'activité sur Twitter

SYNERGIE FERTI N Min/ORGA

Lionel Mesnage
@agronomix22

Ce blé Celebrity sur sol RU 100/120mm n'avait pas d'allure, semis basse densité en TSL : 94qtx/ha avec moins d'N apportées que de qtx. Ce sont les chinois (2020) qui valident les ITK que j'ai mis en place il y a des années...Que dire.....



11:29 AM - 10 juil. 2023 · 7 063 vues



Lionel Mesnage @agronomix22 · 11 juil.

Fumier VL Automne : 16N
Lisier porc Printemps : 50N
Ammo 33.5 : 16N



238



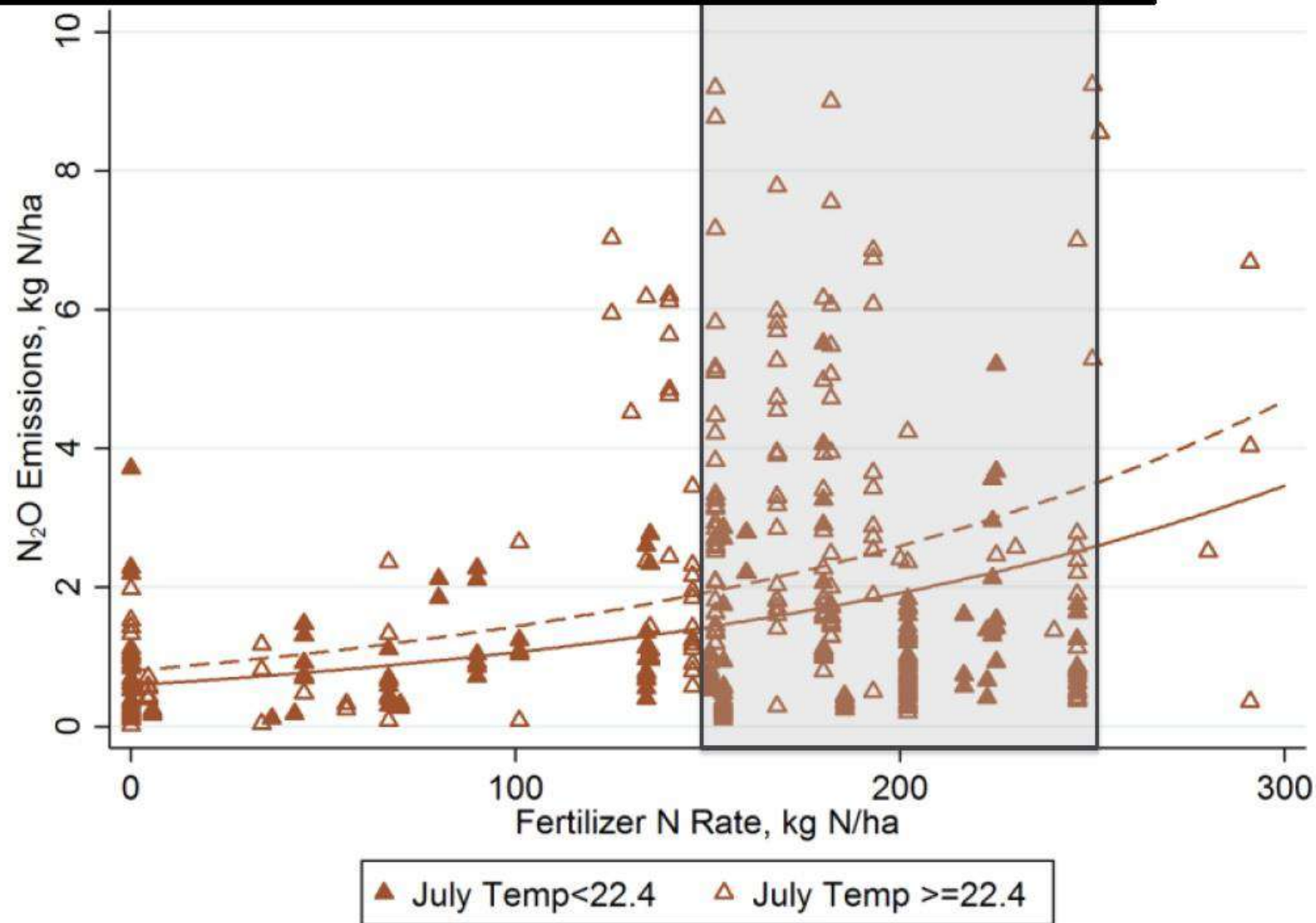


Blé Hybride 110 plants/m²
+ 100qtX/Ha 2013 Pléven
BZH 22



Blé Hybride 110 plants/M2
+100 qtx/Ha 2013 Pléven
BZH 22

N₂O emissions increase with temperature



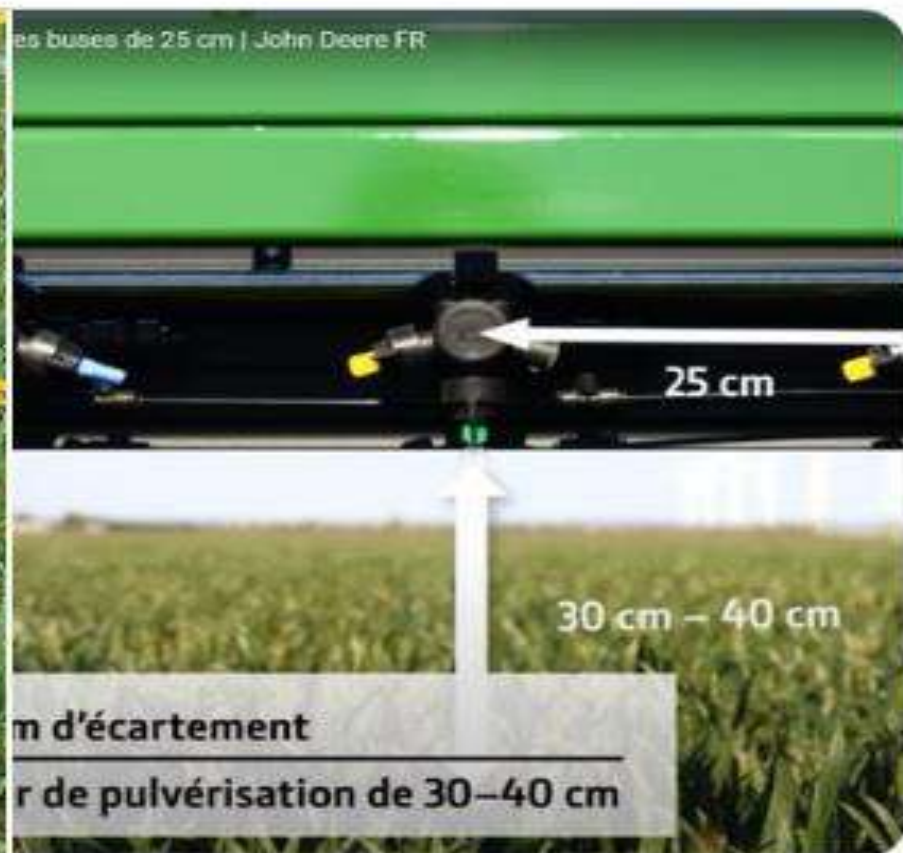


Lionel Mesnage

@agronomix22



Ferti. N blé, confirmation de l'intérêt de la ferti sur le rang vs en plein dans les situations ou il y a diminution de la porosité (hydromorphie,...), fertilité des sols limitante...ainsi ceux équipés en buses pulvé à 25 cm et semis 25 cm pourront tester...



5:15 PM · 8 avr. 2022

Première partie : sans apport de digestat

Sans Digestat	Modas	Rdt a 15	GH			PS	GH			Proteines	GH							
1	Témoin	62,9				E				76,3			C	7,7				D
2	X-80	101,4				D				79,8			B	9,1				C
3	X-40	112,0				C				80,4			A B	9,8				B
3	X	119,5	A	B						80,1			B	10,4				B
4	X+40	124,5	A							81,6			A	11,3				A
6	X+80	124,3	A							81,6			A	11,8				A
7	80 tallage	117,6	A	B	C					80,8			A B	10,0				B
8	Impasse	116,7				B C				81,8			A	11,2				A
9	2 app 80tall	115,9				B C				80,8			A B	10,1				B
10	2 apports	118,0	A	B	C					80,7			A B	9,9				B
	Moyenne	111,3								80,4				10,1				
	ETR	3,39								0,62				0,38				
	CV	3,05								0,78				3,71				

La courbe de réponse valide un optimum de rendement à la dose X, avec des gains de rendements non significatifs au-delà de cette dose. Par-contre, la teneur en protéines n'est pas suffisante à la dose X pour satisfaire les exigences de la mise sur le marché. Les modalités au-delà de cette dose X affichent un gain significatif avec des teneurs proches de la norme de 11.5 %.

Sans Digestat	Modas	Tallage 11/03	E1cm 08/04	DF 13/05	Total	Rdt a 15	GH			PS	GH	Proteines	GH
3	X	40	100	40	180	119,5	A	B		80,1	B	10,4	B
7	80 tallage	80	60	40	180	117,6	A	B	C	80,8	A B	10,0	B
8	Impasse		120	60	180	116,7		B	C	81,8	A	11,2	A
9	2 app 80tall	80	100		180	115,9		B	C	80,8	A B	10,1	B
10	2 apports	40	140		180	118,0	A	B	C	80,7	A B	9,9	B

Concernant les différents fractionnements à la dose X, aucune différence significative entre les modalités. La seule différence significative concerne à nouveau la teneur en protéine, avec une valeur supérieure pour la modalité impasse pour laquelle le dernier apport a été monté à 60 U.

Deuxième partie : avec apport de digestat

Avec digestat	Tallage 11/03	E1cm 08/04	DF 13/05	Total	Rdt a 15	GH	PS	GH	Proteines	GH			
Témoin					81,7		C	78,2		C	8,0		E
X ^D	30	40	30	100	109,7		B	81,0	A		10,0		D
X-60	40	40	40	120	115,6	A	B	81,1	A		10,6		C
X	40	100	40	180	118,9	A		81,4	A		11,5		B
X+60	40	160	40	240	120,8	A		81,1	A		12,2	A	

Pas de gain de rendement significatif à + ou - 60 U autour de la dose X, mais la dose X^D n'est pas suffisante pour être à l'optimum technique. La courbe de réponse plafonne plus bas dans la partie



Article

Le fractionnement de la fertilisation azotée est plus important que Niveau d'azote lorsque des variétés de blé mélangées sont cultivées dans un système d'agriculture de conservation

Kévin Allart¹, Ali Almoussaoui¹ , Louay Kerbey¹, Manuella Catterou¹ , David Roger¹ , David Mortier¹,
Élisa Blanc¹, Bastien-Robert¹, Fabien Spicher¹, Léa Emery¹, Bertrand Hirel^{2,*} , Frederic Dubois¹
et Thierry Tétu¹

¹ Unité de Recherche « Ecologie et Dynamique des Systèmes Anthropisés » EDYSAN, UMR 7058 CNRS-UPJV, Université de Picardie Jules Verne, 1 rue des Louvels, CEDEX 1, 80037 Amiens, France ; allartkevineg3@gmail.com (KA); moussawi.ali.91@gmail.com (AA)

² Unité Mixte de Recherche 1318 INRA-AgroParisTech, Institut Jean-Pierre Bourgin, Institut National de la Recherche Agronomique et de l'Environnement (INRAE), 78026 Versailles, France

* Correspondance : bertrand.hirel@inrae.fr

Résumé : L'azote (N) est l'un des éléments nutritifs les plus limitants pour la production céréalière, en particulier dans le blé, qui est l'une des principales cultures cultivées dans le monde. Pour obtenir des rendements élevés, le blé a besoin d'une certaine quantité d'azote (N), car une carence en N peut entraîner une diminution du rendement et donc réduire les revenus pour les agriculteurs. En revanche, des applications excessives d'engrais azoté peuvent être préjudiciables à la fois aux milieux terrestres et aquatiques. Pour optimiser les applications d'engrais azotés dans le blé, une étude de trois ans sur le terrain a été menée pour évaluer l'impact de différentes stratégies de fertilisation azotée sur divers traits physiologiques et agronomiques liés à l'azote. De plus, pour optimiser l'efficacité d'utilisation de N tout en maintenant la productivité des cultures, un mélange de cinq variétés de blé d'hiver a été utilisé pour atténuer l'impact possible des contraintes environnementales. Ces stratégies reposaient sur une approche simultanée d'augmentation de la fertilisation azotée et du fractionnement de l'engrais azoté aux stades clés du développement des plantes dans un système d'agriculture de conservation (SCA) dans lequel les légumineuses ont été cultivées avant la culture de la culture principale. Dans ce système SCA, nous avons observé que 200 kgN-ha⁻¹ était optimal pour l'utilisation de N (NUE) et la production de biomasse aérienne et céréalière. De plus, nous avons constaté qu'à ce niveau de N fertilisation, des stratégies d'application, une application fractionnée 40%/40%/20% au tallage complet, au premier nœud, et au démarrage, respectivement, semblaient être la meilleure option pour la productivité la plus élevée de l'usine.

Mots clés : agriculture de conservation des sols ; récupération 15N ; cultures de couverture ; fertilisation azotée ; azote utiliser l'efficacité ; blé d'hiver



Citation : Allart, K. ; Almoussaoui, A. ; Kerbey, L. ; Catterou, M. ; Roger, D. ; Mortier, D. ; Blanc, E. ; Robert, B. ; Spicher, F. ; Emery, L. ; et coll. Scission La fertilisation azotée est plus important que le niveau d'azote lorsque Les variétés de blé mélangées sont Cultivé dans une Conservation Système agricole. Agronomie 2023, 13, 1295. <https://doi.org/10.3390/agronomie13051295>

Experiments

- ❖ **Studied fields:** Farmland with durum wheat (6 fields), INRA experimentation centre no irrigation,
- ❖ **Localisation:** South of France
- ❖ **Precipitation is the main limiting factor for wheat growth**
- ❖ **Soils :** deep fluvisol (mainly silty clay loam); alluvial deposit of the Durance river; with heterogeneities (texture or soil depth)



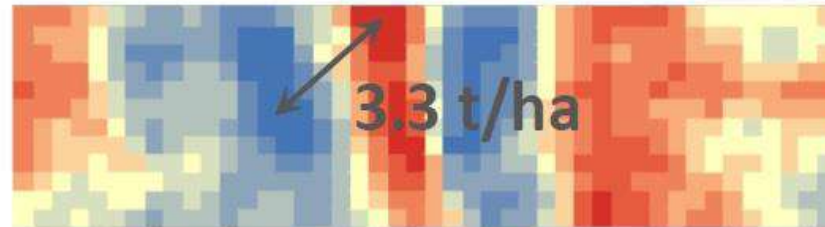
Introduction

- ❖ **Soil hydraulic properties control** many processes as **water flows** in the soil and at its boundaries or **water availability for plants**.
- ❖ **Soil water available for plants** is governed by the climate, runoff/drainage and the **Soil Water storage Capacity (SWC)**, which represents the maximum amount of water stored in the soil available for the plant (soil water between field capacity and wilting points)
- ❖ **SWC** depends on the soil depth and the porosity (soil structure and texture). **Its strong spatial variability and difficulties to determine it** with direct methods make spatial assessment of soil water dynamic very difficult while it is a key parameter to **assess crop potentialities (a basis for precision farming)**
- ❖ Proxys being used as an alternative of direct measurement
 - ❖ Geophysic
 - ❖ Pedotransfer functions
 - ❖ Model inversion.

Reconsider these approaches thanks to the potentialities offered by new satellite missions as Sentinel and sensors deployment in agriculture

Intra-field variation in 'optimal' yield

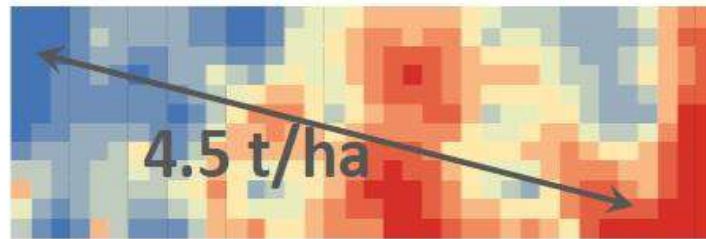
2010



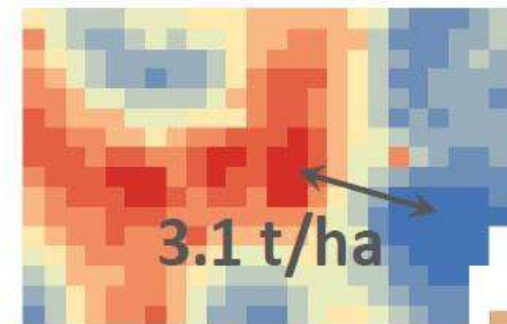
Auto-N LINK project LK09134

8.2 – 11.5 t/ha

2011

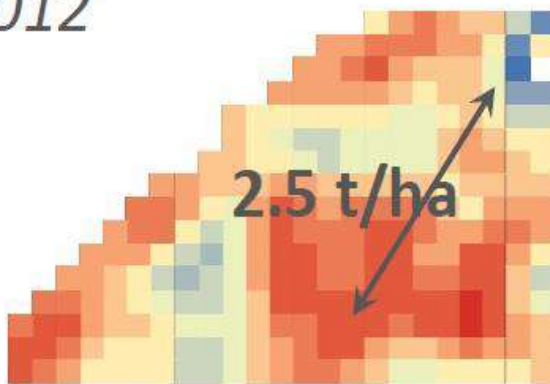


6.5 – 11 t/ha

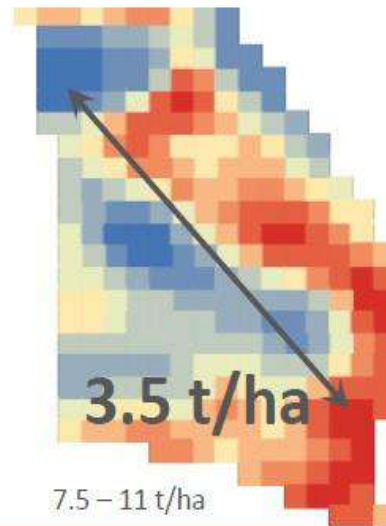


7.7 – 10.8 t/ha

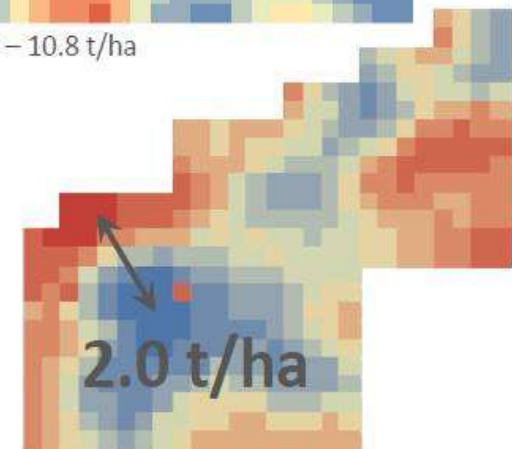
2012



6.5 – 9 t/ha

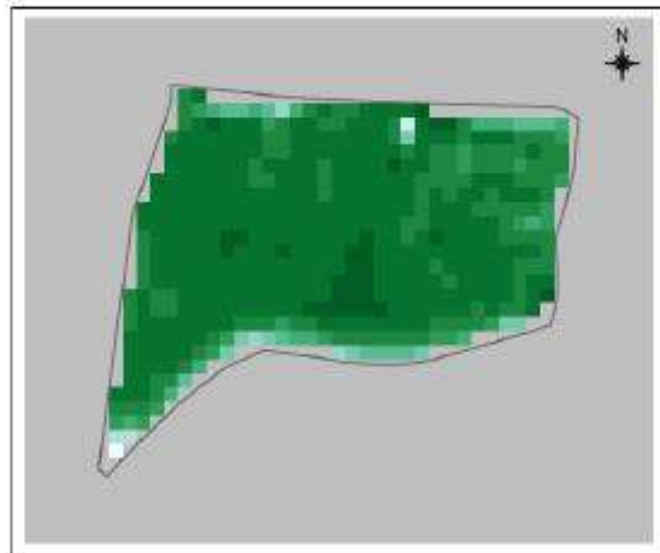


7.5 – 11 t/ha



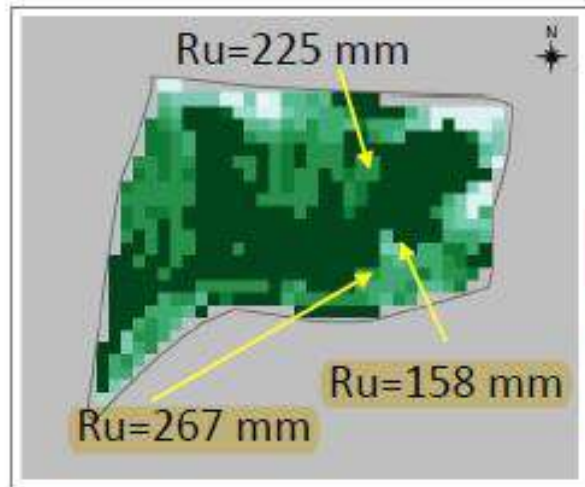
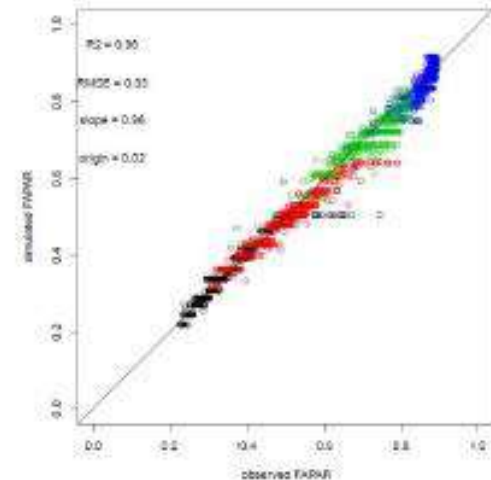
6.5 – 8.5 t/ha

Soil Inversion Field 1 (2 steps, 1) Nitrogen/installation 2) SWC



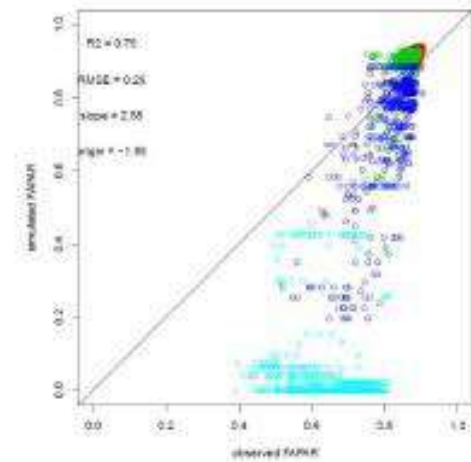
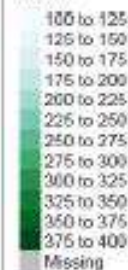
remi, NO3 init Glue mean

NO3 init Kg/ha



remi, RU Glue mean

RU mm





Lionel Mesnage

@agronomix22



Pilotage ferti N céréales en continu grâce à REPETABILITE des mesures permise par la fréquence de passage du satellite

QUOI DE NEUF AVEC LES SATELLITES ET LE SUIVI DES PARCELLES AGRICOLES?

30 ANS DE TÉLÉDÉTECTION ET DE SATELLITES D'OBSERVATION DE LA TERRE EN EUROPE (PROGRAMME SPOT 1 À 7) ET 40 ANS AUX USA (PROGRAMME LANDSAT 1 À 8)

DEPUIS 2014-15: UNE NOUVELLE GÉNÉRATION DE SATELLITES EUROPÉENS POUR UN RÉEL MONITORING DES CULTURES À LA PARCELLE !

et *in fine* pour calibrer les images satellites

	15 May	27 May	6 June	17 June
Top-down view				
Side-view (ortho)				
Vegetation index				

0% 10% 20% Pourcentage de couverture

	SAR	MEO	MWO
+	Sentinel 2 / Radarsat 2	Sentinel 2 / Landsat 8	PROBA-V (satellite unique)
-	• Indépendance totale • Fréquence passage élevée sur Europe • Nombre de bandes • Interprétation difficile	• Résolution spatiale • Nombre de bandes	• Fréquence passage • Nombre de bandes • Contamination nuages

» Monitoring performant des cultures à l'échelle de la parcelle

	Jusqu'à présent	A partir de 2015 satellite SENTINEL 2
Au niveau européen pour l'observation de la terre		
Résolution spatiale (taille des pixels)	10 à 300 m	10 à 60 m
Résolution temporelle (fréquence de passage)	10 - 25 jours	(5) à 10 jours
Taille des images	60 x 60 km	290 x 290 km
Capacité d'analyse de la végétation d'une parcelle	5 à 6 bandes spectrales	13 bandes spectrales
Coût d'acquisition des images	2.000 à 4.000€ /image	Accès GRATUIT

La quantité d'engrais dans le sol change constamment, pourtant les tests en laboratoires sont lents et chers

Nous avons besoin d'un tout
nouveau moyen de **mesurer** et de
prédire la quantité d'engrais
azotés dans le sol

DONNÉES
DISPONIBLE
(PUBLIQUEMENT)



Précipitations



Température



Temps depuis
la fertilisation

DONNÉES
MESURÉES



pH



Conductivité



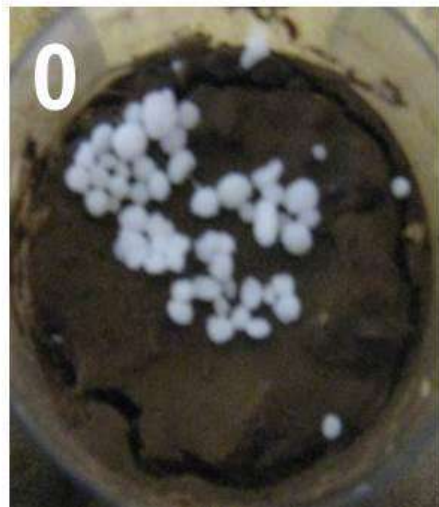
Taux
d'ammonium

Le Machine Learning permet
aussi de prédire les taux
d'ammonium et de **nitrate**
dans le **futur**

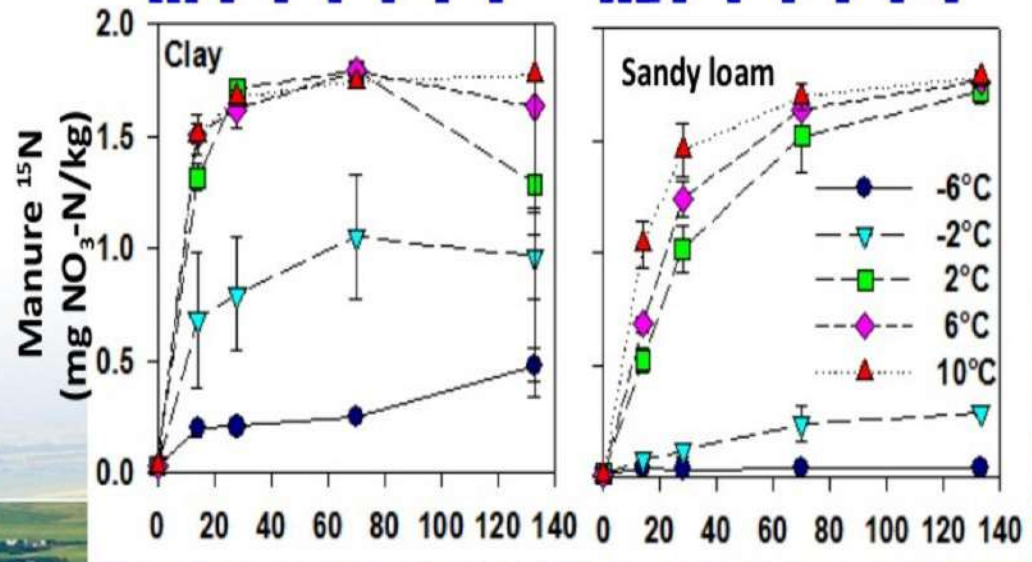
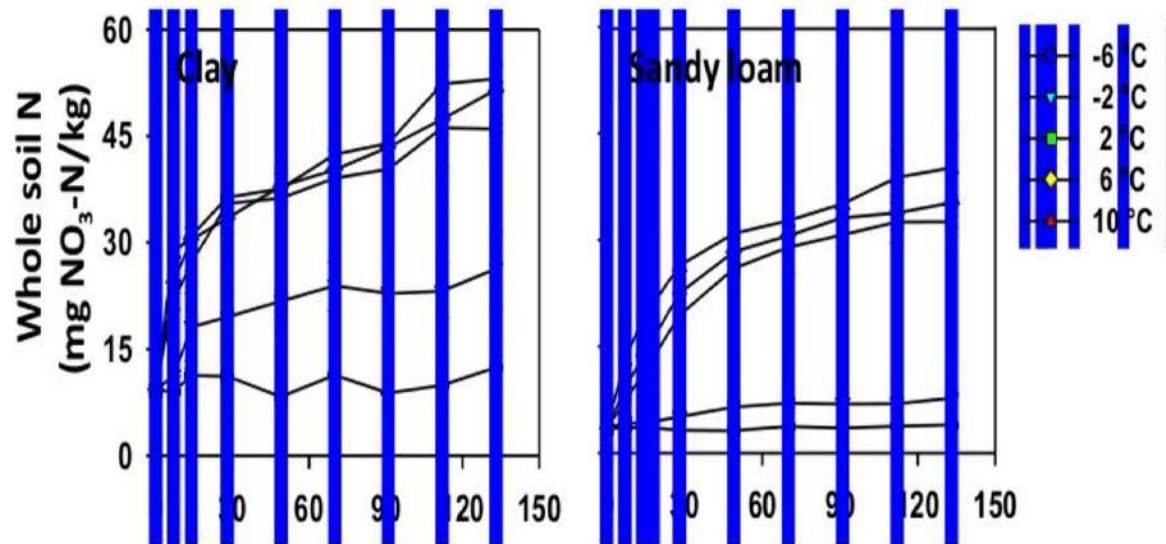
Wet Soil 70°F



Wet Soil 35°F

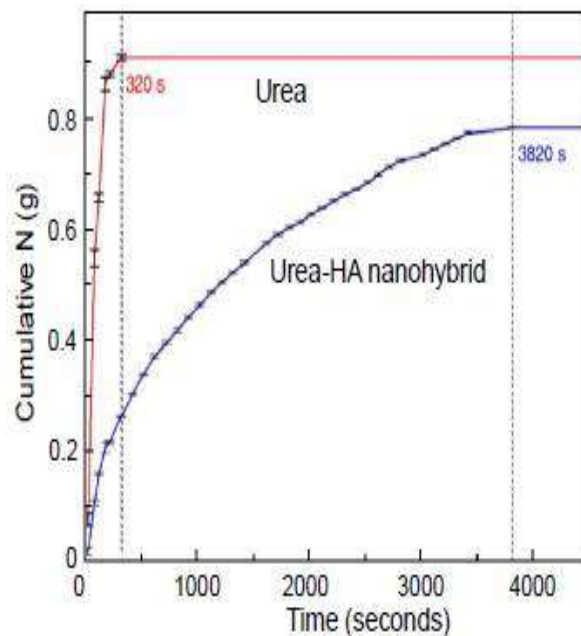
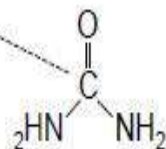
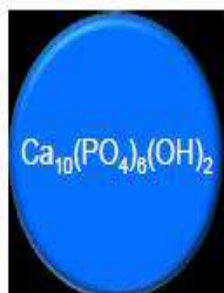


Nitrification in cold soils: temperature limit?

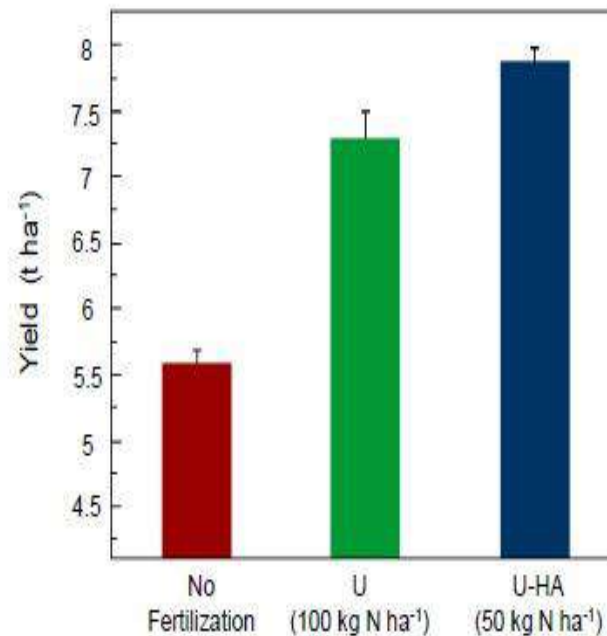


Macronutrient Nanofertilizer

Urea-Hydroxyapatite Nanohybrids for Slow Release of Nitrogen



N release behavior in water



Field trial - *Oryza sativa*

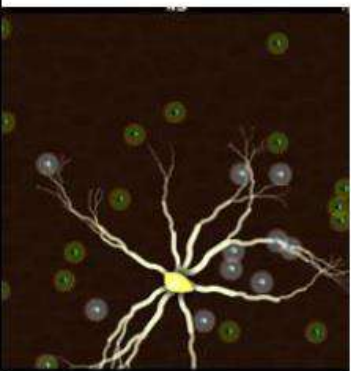
Soil applications of Zinc

- Enhancing distribution with seedlings favors contact
- But maximizing contact surface increase fixation

Bulk Blends vs Co-Granulated Zinc



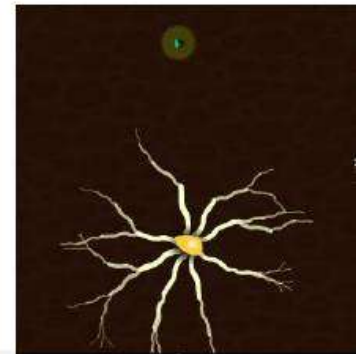
Mc Laughlin, 2015



153 fertilizer granules in a soil layer 37 cm x 12 x 7.5 cm after a 150 kg/ha rate of 18-46-0




2 granules of micronutrient source in the same layer after a 5 kg/ha rate of a product with 35 % Zn



 **Vraie couleur**
Reposez sur les bandes 4, 3, 2

 **Fausse couleur**
Reposez sur les bandes 8, 4, 3

 **NDVI**
Reposez sur la combinaison des bandes $(B8 - B4)/(B8 + B4)$

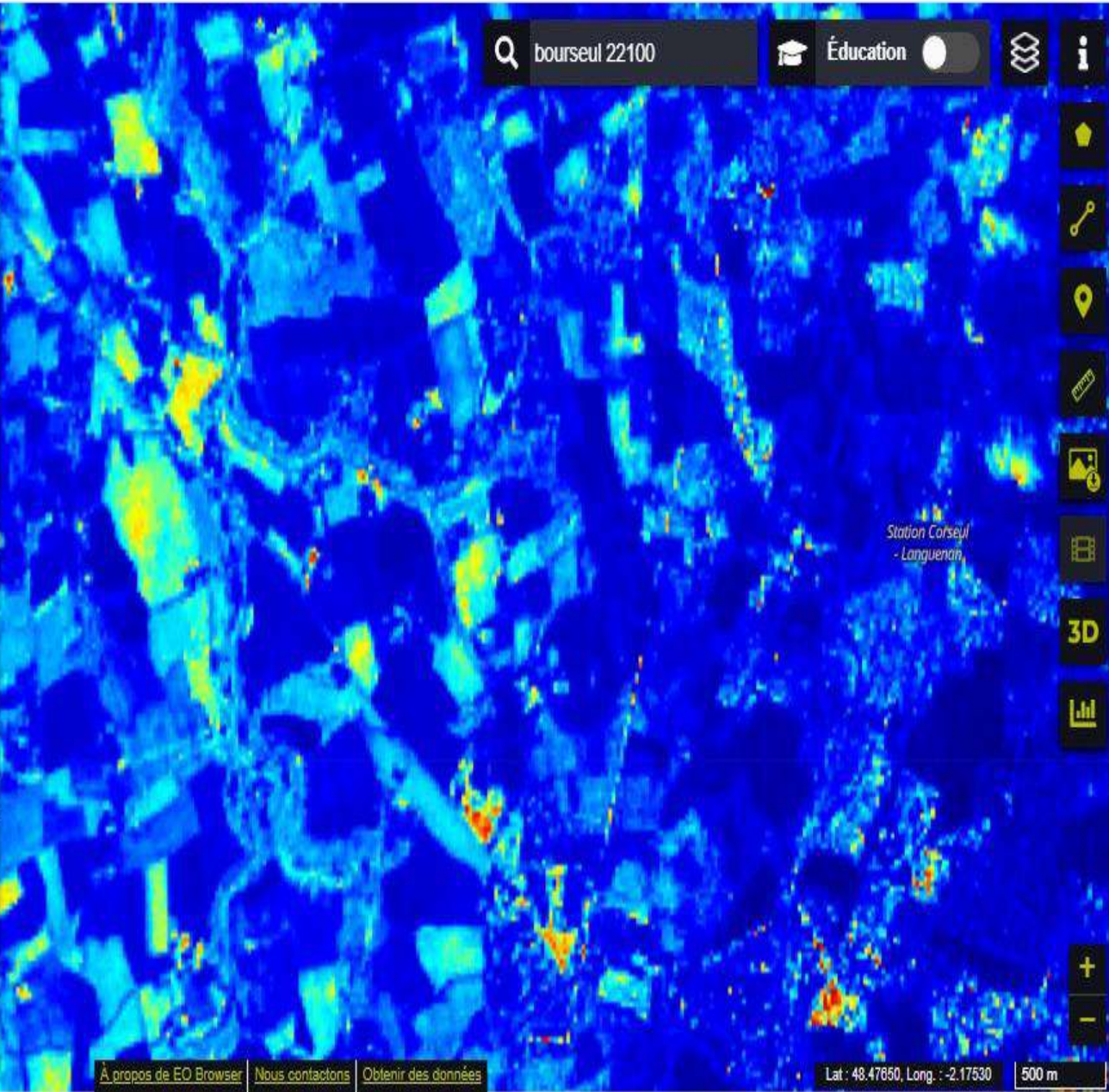
 **EVI**
Indice de végétation améliorée

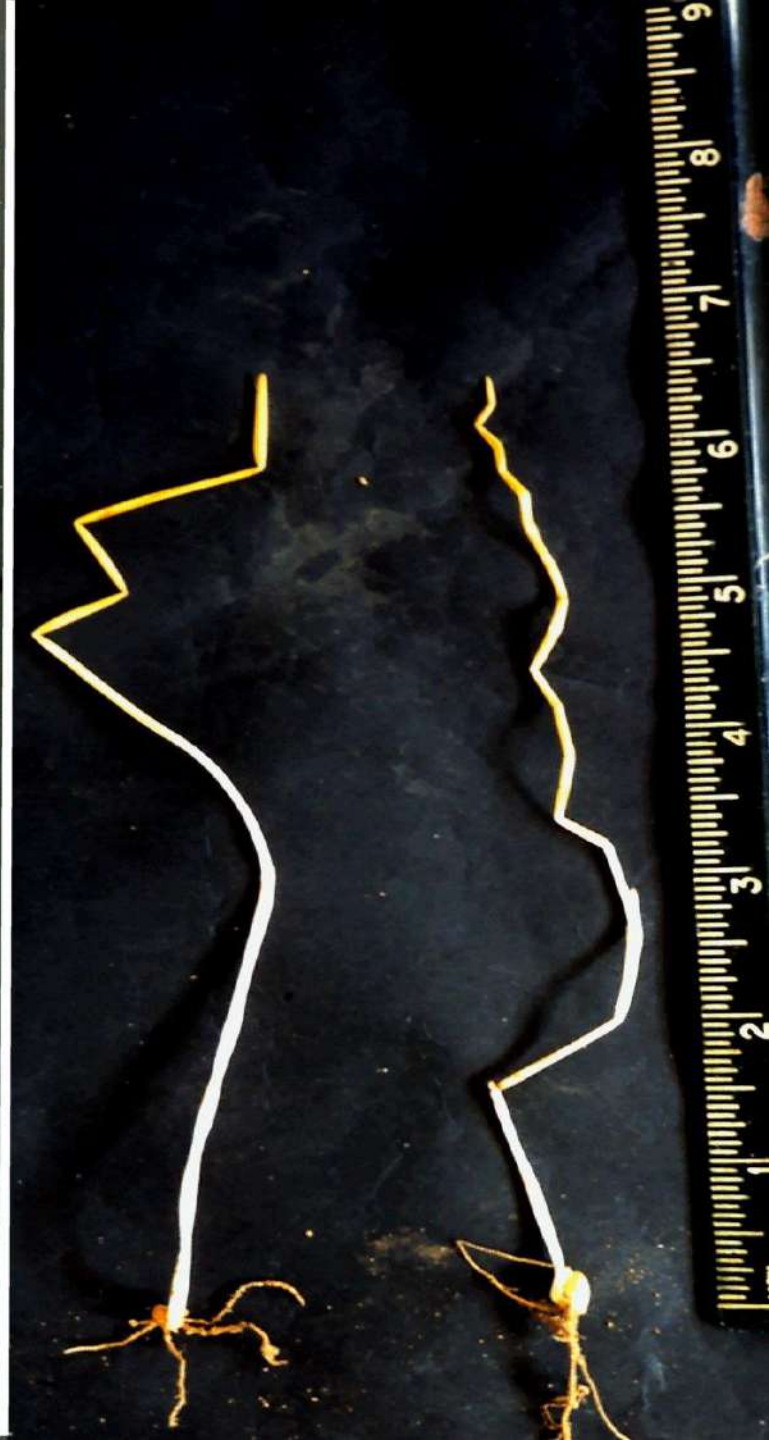
 **Color palette**

[Inscription gratuite](#) pour toutes les fonctionnalités

Développé par [Sentinel Hub](#) avec les contributions de [ESA](#)
v3.51.0

Discover **Copernicus** Browser 







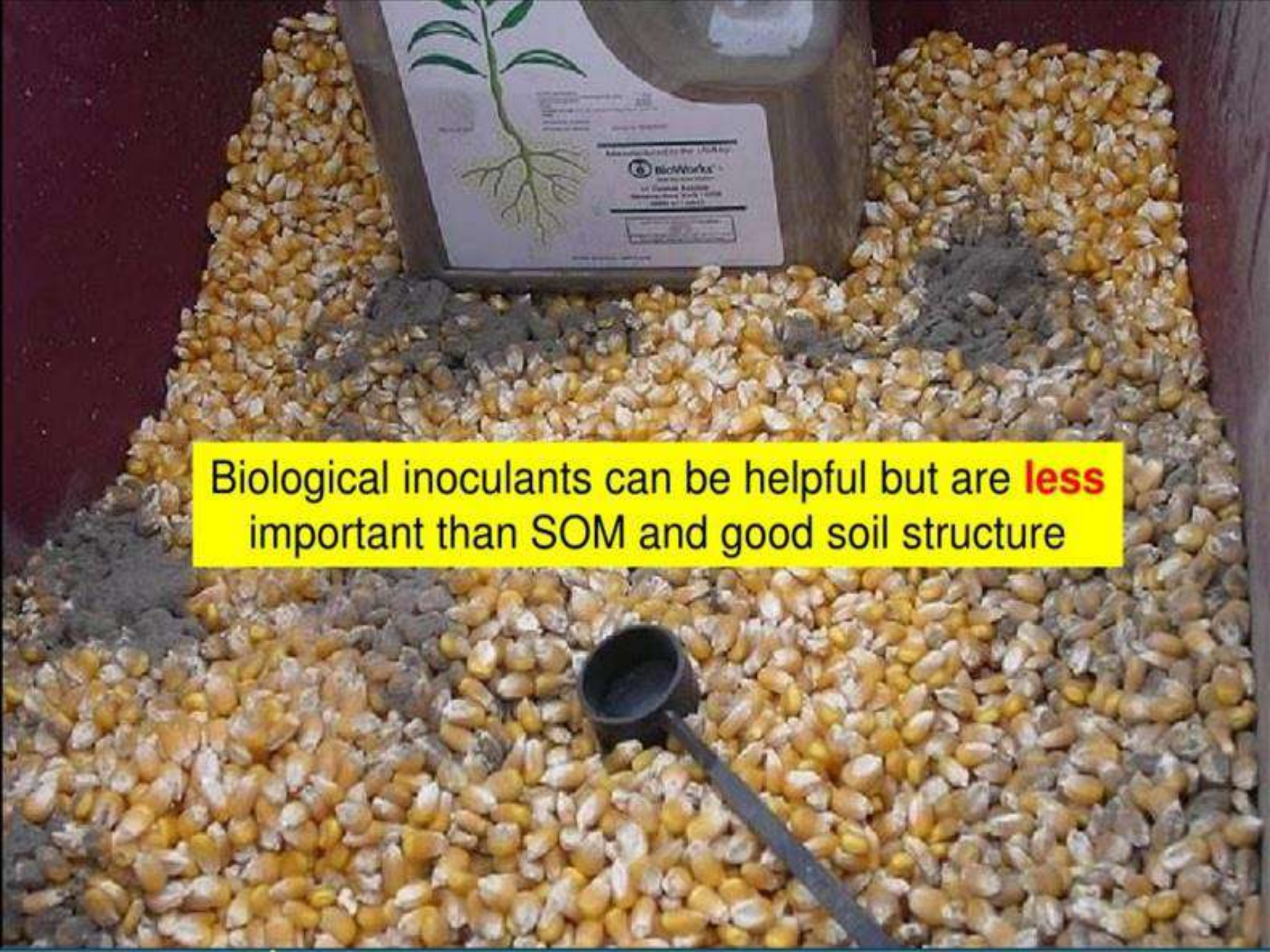
Crédit image : Croptix

Comment la plateforme Croptix change la nutrition des plantes et la surveillance des maladies

14 juin 2023 John Kempf

Note de l'éditeur : John Kempf est le fondateur et directeur de la vision de [Advancing Eco Agriculture](#) Ici, Kempf explique en détail pourquoi AEA a investi et comment Croptix pourrait changer le domaine de la surveillance des plantes. . [sa première clôture](#), qui vient de connaître [Croptix](#) (AEA), et l'un des principaux penseurs de l'agriculture régénérative. AEA a récemment dirigé le cycle de démarrage de la startup agricole de précision

La nutrition des plantes joue un rôle essentiel dans le succès de l'agriculture et la qualité de notre approvisionnement alimentaire. Cependant, l'industrie des engrais et de



Biological inoculants can be helpful but are **less** important than SOM and good soil structure

Species Interactions

- Competition: (-, -) interaction
- Mutualism: (+, +) interaction
- Commensalism: (+, 0) interaction
- Exploitation: (+, -) interaction

[Progrès dans les études sur l'absorption et l'utilisation des acides aminés par les plantes : une revue]

[Article en chinois]

Xiao-chuang Cao , Liang-huan Wu , Qing-xu Ma , Qian Yu Jin

PMID : 26211077

Abstrait

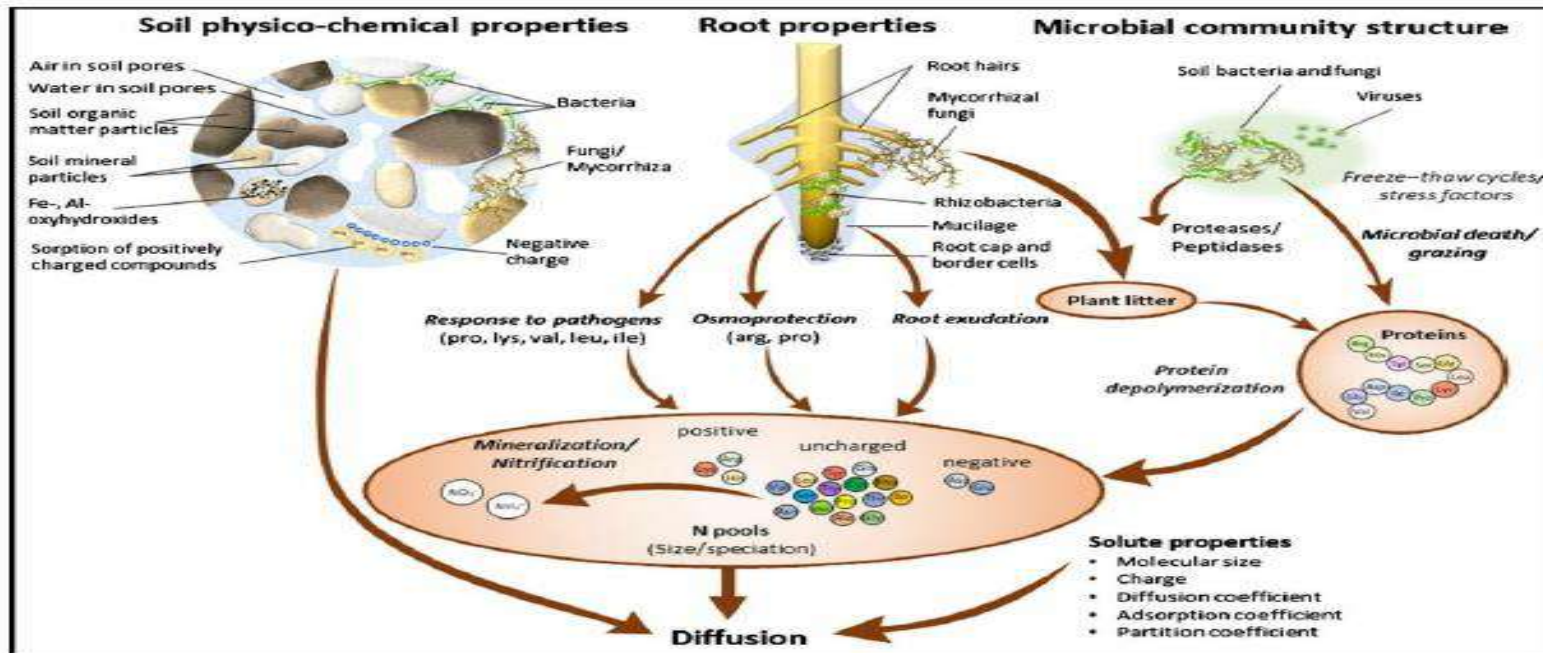
La plante peut absorber directement les acides aminés intacts, contournant ainsi la minéralisation microbienne de l'azote organique. En tant qu'excellente source de carbone et d'azote, il existe une compétition pour l'absorption des acides aminés entre les racines des plantes et les micro-organismes du sol. Et le flux total d'acides aminés dans le sol peut être énorme en raison de l'étendue des sources et de la courte demi-vie. Les études sur l'apport nutritionnel de l'azote des acides aminés pour les plantes par la technique du traceur isotopique de l'azote sont devenues un sujet de recherche ces dernières années, ce qui nous aidera à mieux comprendre le principe de la fertilité des sols. Cet article résume les recherches récentes sur les caractéristiques morphologiques des acides aminés dans le sol et son mécanisme métabolique et la contribution nutritionnelle de l'azote pour les plantes dans différents écosystèmes, et discute de l'état actuel et de la tendance de développement du mécanisme de circulation des acides aminés dans l'écosystème plante-sol-micro-organismes et sa biodisponibilité pour les plantes. Enfin, les thèmes du mécanisme de régulation environnementale de la biodisponibilité des acides aminés, du métabolisme carbone-azote des acides aminés et de la manière d'améliorer la gestion de l'azote organique sur le terrain étaient tous des problèmes fondamentaux à résoudre.



Une source inattendue d'azote pour l'absorption racinaire : les acides aminés chargés positivement dominent les flux d'azote diffusifs dans le sol

Erich Inselsbacher ✉ Wolfgang Wanek

Première publication: 03 juillet 2021 | <https://doi.org/10.1111/nph.17521> | Citation : 4



Aperçu de l'influence des propriétés physico-chimiques du sol, des propriétés des racines, de la structure de la communauté microbienne et des propriétés des solutés sur les flux diffusifs d'azote (N) du sol. Alors que les propriétés physico-chimiques et des solutés du sol affectent principalement directement la diffusion de l'azote, les propriétés des racines et microbiennes ont un effet indirect important sur la diffusion en contrôlant de manière critique les taux de production et de consommation d'azote et donc la taille des réserves d'azote. Différentes molécules d'azote sont affectées différemment par des facteurs abiotiques et biotiques et une connaissance détaillée de la quantité et de la forme sous laquelle l'azote est fourni par diffusion pour l'absorption par les racines sera essentielle dans les études futures.

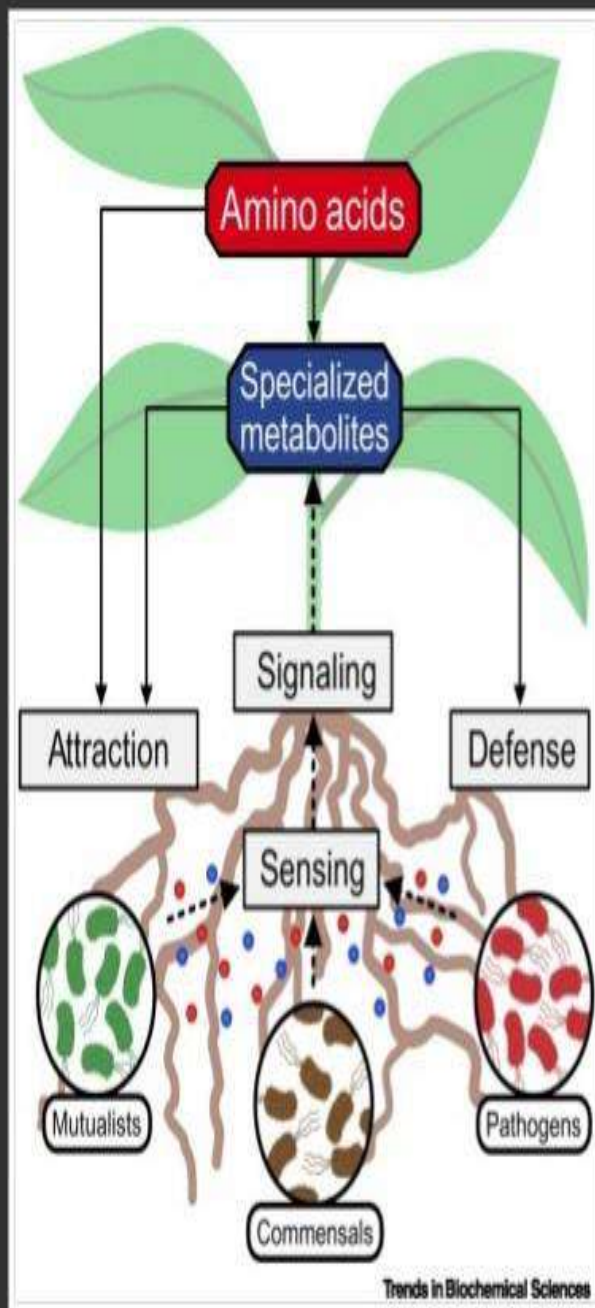


Figure 1. La métabolisation des acides aminés des plantes fournit des composés actifs pour interagir avec les microbes à différents niveaux.

Les plantes interagissent avec une multitude de microbes, qui peuvent être classés en fonction de leur effet sur la santé des plantes en mutualistes (bénéfiques), commensaux (neutres) et pathogènes (nuisibles). Les plantes convertissent les acides aminés en métabolites spécialisés qui agissent comme des molécules de signalisation au sein de la plante ou sont exsudés pour façonner la composition du microbiome en faveur de la plante. Les microbes, à leur tour, ont besoin d'acides aminés végétaux comme source de nutriments. Les résultats expérimentaux indiquent que les plantes peuvent détecter des modèles spécifiques de changements dans le métabolisme des acides aminés et les interpréter comme l'empreinte digitale d'un agent pathogène caché. Cependant, les mécanismes de détection et de signalisation des acides aminés sont largement inconnus.

Actualités sur le métabolisme des acides aminés dans les interactions plantes-microbes

Jannis Moormann • Björn Heinemann • Tatjana M. Hildebrandt

Afficher les notes de bas de page

Actualités sur le métabolisme des acides aminés dans les interactions plantes-microbes

Jannis Moormann  • Björn Heinemann  • Tatjana M. Hildebrandt   •

[Afficher les notes de bas de page](#)

Accès Libre • Publié : 01 août 2022 • DOI : <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2022.07.001> •  Check for updates

Le métabolisme des acides aminés des plantes fournit des molécules de signalisation, des composés de défense et des nutriments pour façonner les interactions avec les microbes.

Dans un environnement naturel hors des conditions contrôlées de laboratoire, les plantes interagissent avec des communautés microbiennes complexes. Les microbes bénéficient généralement de la richesse en composés organiques (y compris les acides aminés) présents à proximité d'une plante. Certains pourraient manipuler le métabolisme des plantes pour accéder aux nutriments, soit en échange d'une sorte de service lors d'interactions mutualistes, soit sans bénéfice pour la plante dans les commensaux, alors que les agents pathogènes causent même des dommages à la plante (Figure 1).

Dans tous les cas, les microbes doivent échapper ou supprimer les réactions immunitaires et la plante doit faire la distinction entre les interactions potentiellement nocives et bénéfiques pour réagir en conséquence. L'ensemble de mesures de la plante peut inclure le retrait de nutriments pour affamer les agents pathogènes (par exemple, [1.]) ou en fournissant un ensemble spécifique de composés pour établir des interactions bénéfiques (par exemple, [2.]). En cas d'attaque d'un agent pathogène, les plantes doivent également activer des réponses de défense appropriées et alerter les parties non affectées de la plante d'un danger imminent afin de limiter la croissance de l'agent pathogène [3.].

7 critères déterminants

1 - EAU : RU sol , météo , suivi H2O résiduelle du sol avec EO-Browser Sentinel 2

2- Rayonnement : données météo (stations, sites,....)

3- Températures : suivi relevés météos

4- POROSITE : 1^{er} facteur maitrisable, le plus important conditionne toute l'activité du sol grâce à la circulation de l'Air et de L'Eau

5- Conditions de semis quelque soit le Travail du sol (compaction, lissage lignes de semis,.....)

6- Variétés : précoces à très précoces en sols à faible RU, Grosse fertilité épi, gros PMG, tallage moyen à faible, semis basse densité (150/200 Gr/M2) en semis précoce, hybrides (100/120 Gr/M2)

7- Etat sanitaire

FERTILISATION

Fractionnement en 3/4/5 passages BAS DOSAGE 25 à 33N/Ha selon contexte avec impasse soit 1^{er} ou dernier passage selon état culture.

Je vous remercie pour votre attention



source The Financial Express