

Cycle du carbone et risques environnementaux dans les écosystèmes prairiaux

Abad Chabbi¹⁻³, Pierre Cellier², Cornelia Rumpel³
François Gastal¹ & Gilles Lemaire¹

- ¹ INRA, UR004 Prairie et Plantes Fourragères, Lusignan
- ² INRA, UMR 1091 Environnement et Grandes Cultures, Thiverval-Grignon
- ³ CNRS, UMR 7618 Biogéochimie et Ecologie des Milieux Continentaux, Thiverval-Grignon

Mercredi 24 octobre 2012





LETTER

Engrais



doi:10.1038/nature11420

Closing yield gaps through nutrient and water management

Nathaniel D. Mueller¹, James S. Gerber¹, Matt Johnston¹, Deepak K. Ray¹, Navin Ramankutty² & Jonathan A. Foley¹

In the coming decades, a crucial challenge for humanity will be meeting future food demands without undermining further the integrity of the Earth's environmental systems¹⁻⁶. Agricultural systems are already major forces of global environmental degradation^{4,7}, but population growth and increasing consumption of calorie- and meat-intensive diets are expected to roughly double human food demand by 2050 (ref. 3). Responding to these pressures, there is increasing focus on 'sustainable intensification' as a means to increase yields on underperforming landscapes while simultaneously decreasing the environmental impacts of agricultural systems^{2-4,8-11}. However, it is unclear what such efforts might entail for the future of global agricultural landscapes. Here we present a global-scale assessment of intensification prospects from closing 'yield gaps' (differences between observed yields and those attainable in a given region), the spatial patterns of agricultural management practices and yield

Assessing opportunities for more sustainable intensification requires an understanding of the factors driving yield variation across the world. Fundamentally, yield gaps are caused by deficiencies in the biophysical crop growth environment that are not addressed by agricultural management practices. Here we explicitly examined key biophysical drivers of crop yield by using global, crop-specific irrigation data¹⁴ and by developing a new global, crop-specific data set of nitrogen (N), phosphate (P₂O₅) and potash (K₂O) fertilizer application rates. We find extensive geographic variation in these management practices, with high fertilizer application rates concentrated in high-income and some rapidly developing countries (Fig. 3a and Supplementary Fig. 1). Likewise, irrigated areas¹⁴ are heavily concentrated in South Asia, East Asia and parts of the United States (Fig. 3b).

Using input-yield crop models, we found that the spatial patterns of climate, fertilizer application and irrigated area explain 60% to 80% of

Nature 11420, 29/8/2012



Polyculture-élevage

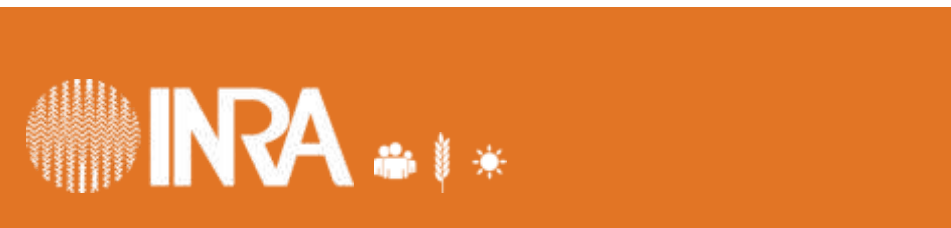
— Pourquoi?

Production

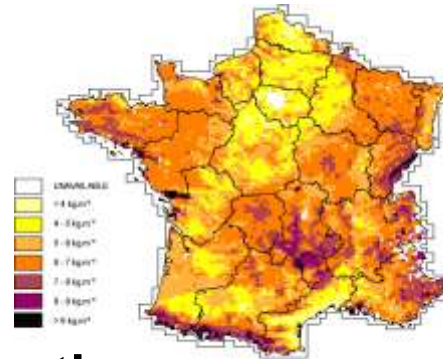
- ✓ Vulnérabilité économique avec une production spécialisée
- ✓ Coût élevé du carburant et des nutriments
- ✓ L'augmentation de risque des maladies
- ✓ Baisse de rendement pourrait être surmonté avec les rotations cultures-prairie

Environnement

- ✓ Recyclage de l'azote et d'autres éléments
- ✓ Possibilité de conservation des sols et de l'eau avec des systèmes de gestion des alternances prairie-culture
- ✓ Séquestration de carbone



Plan



- ✓ Réponse de production
- ✓ Réponses environmental
 - Matière organique
 - Solution du sol
 - GES
- ✓ Verrous-questions scientifiques



Rotations culturelles et production

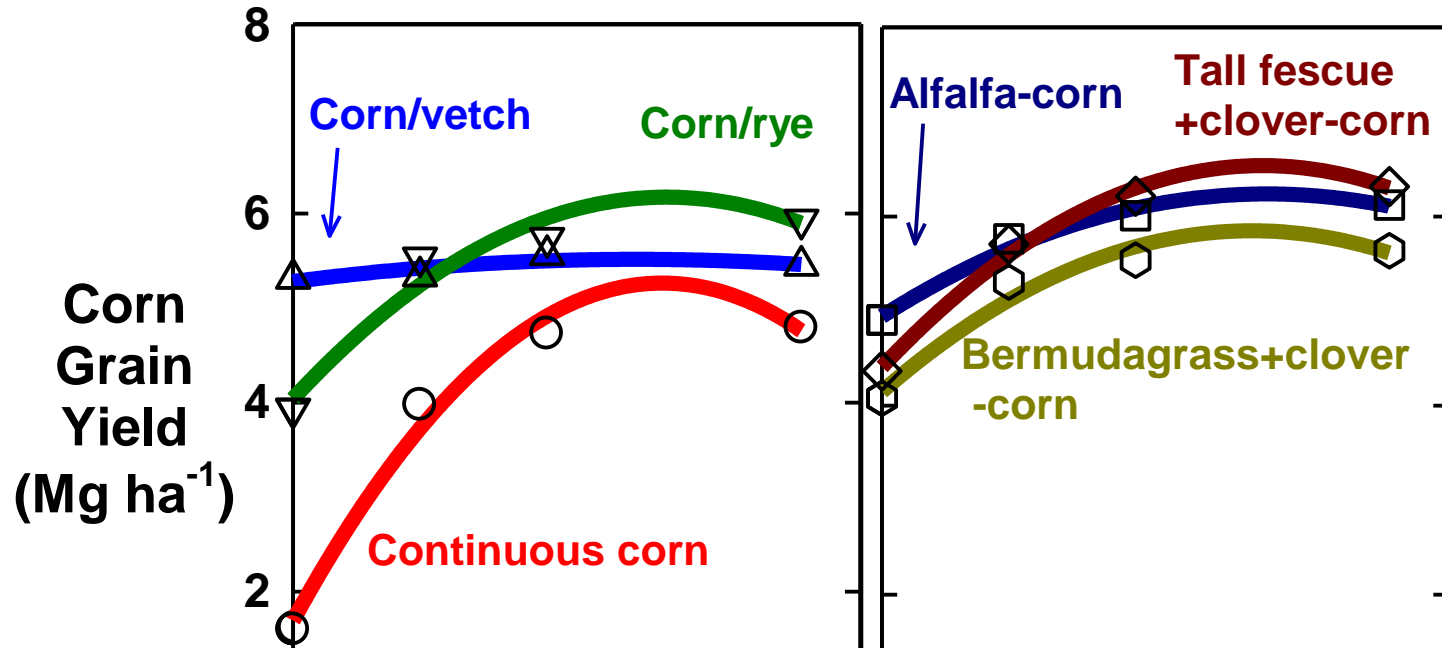
— Iowa — 8-ans d'étude

Rotation culturale	Maïs (Mg/ha)	Soja (Mg/ha)	Avoine (Mg/ha)	Luzerne (Mg/ha)	Rendement net (\$/ha/an)
Maïs-Soja	12.2	3.4	-	-	690
Maïs-Soja-Avoine/Trèfle	12.6	3.7	3.7	-	705
Maïs-Soja-Luzerne	12.8	3.8	3.8	9.0	701

Liebman et al. (2011) Renewable Agric. Food Syst.

Rotations culturelles et production

— Effet de rotation sur la fertilisation azoté



Comparaison avec la monoculture de Maïs

Economies d'azote (kg ha⁻¹)

Effet de rotation (% d'augment. de prod.)

<u>Rye</u>	<u>Vesce</u>	<u>Luzerne</u>	<u>Bermuda</u>	<u>Fétuque</u>
7	120	17	13	7
17	1	17	10	23

Graminée- et légumineuse-dans les rotations culturelles sont vital pour le maintien de la productivité avec des apports de fertilisation azoté faible

CARREFOURS
DE L'INNOVATION AGRONOMIQUE

Data from Adams et al. (1970) Agron. J.

Réponses environnemental

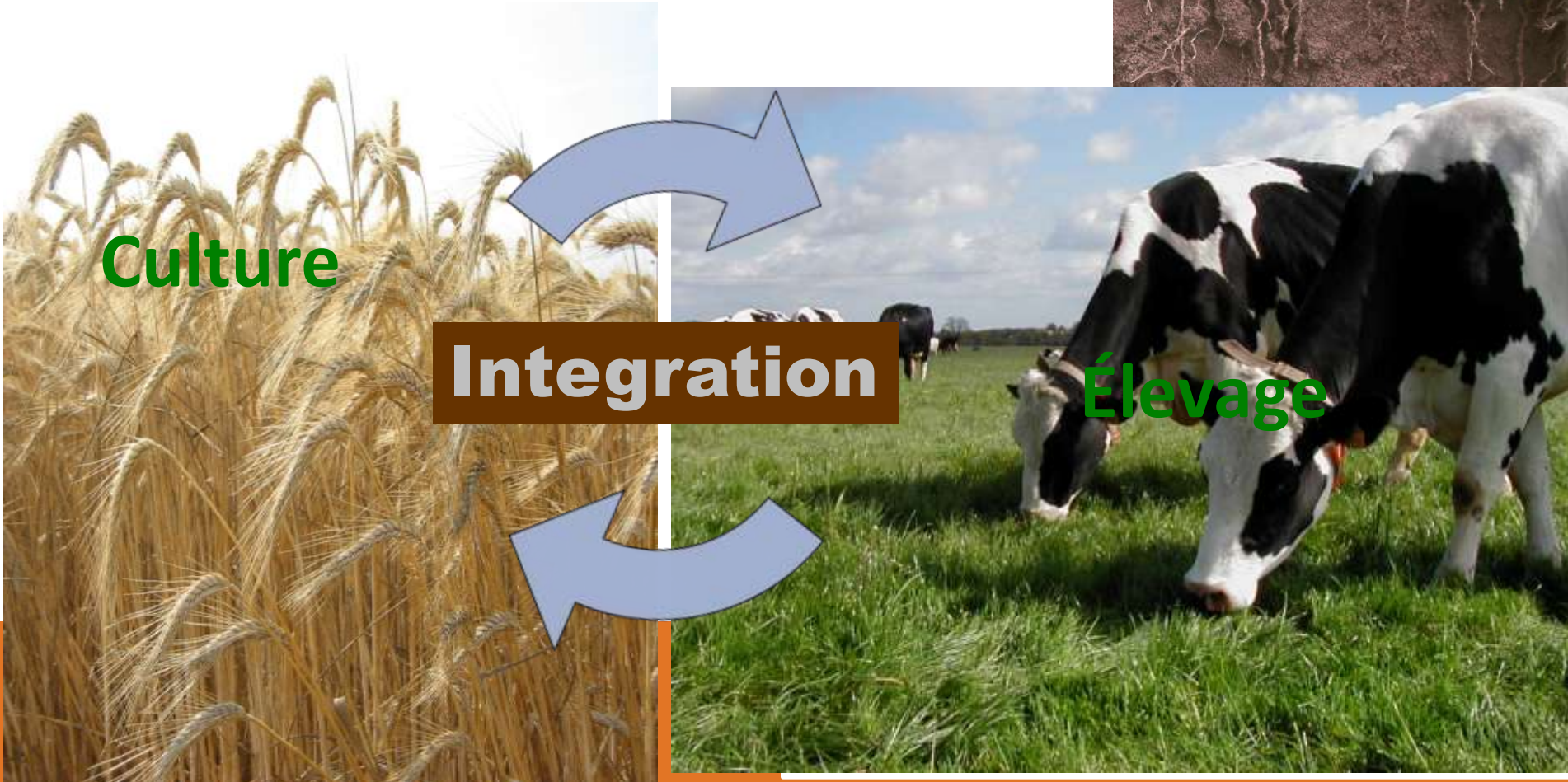
— Matière organique du sol



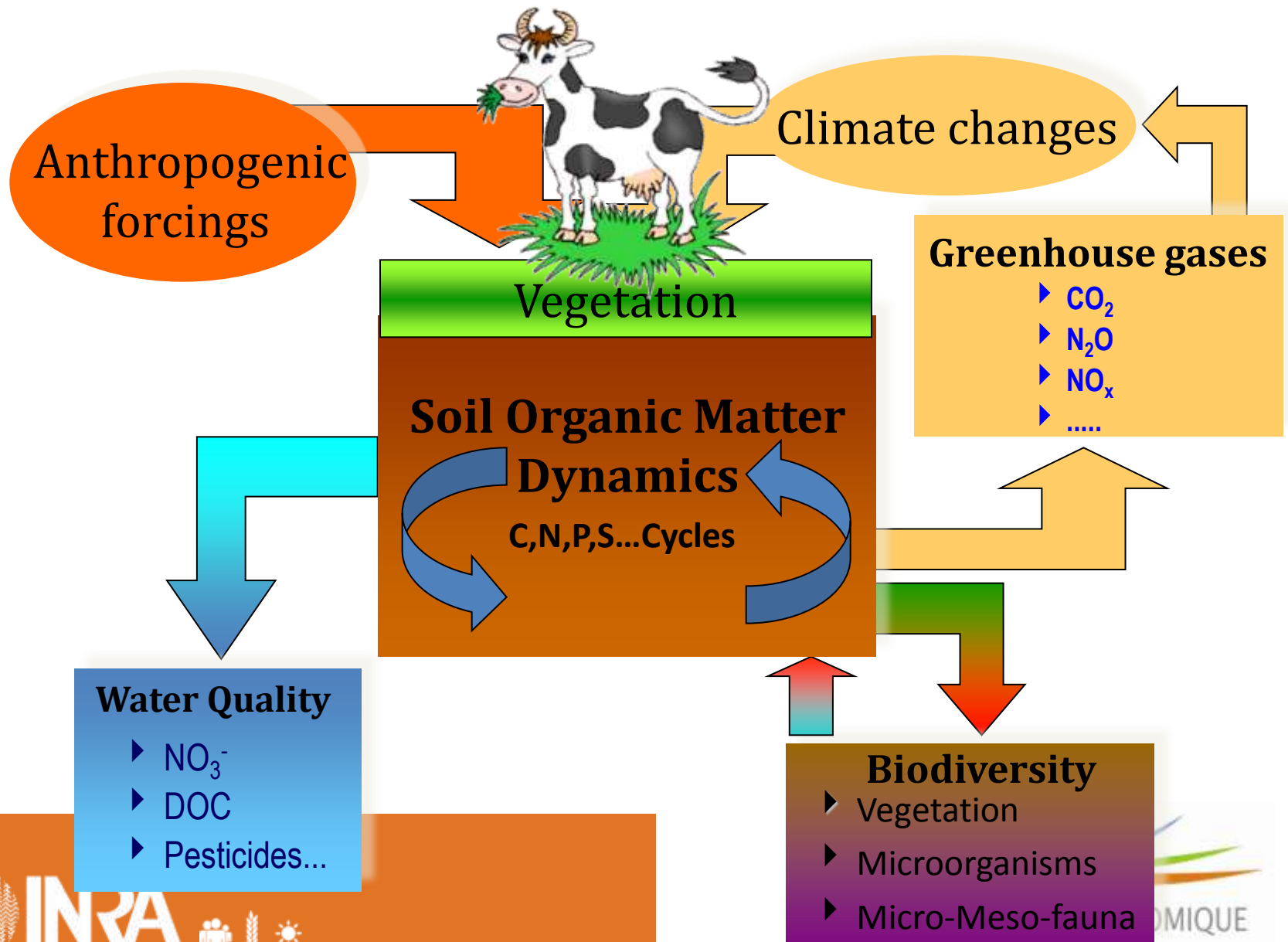
Culture

Intégration

Élevage



Grand Challenges



According to CHABBI & LEMAIRE, 2008, modified.

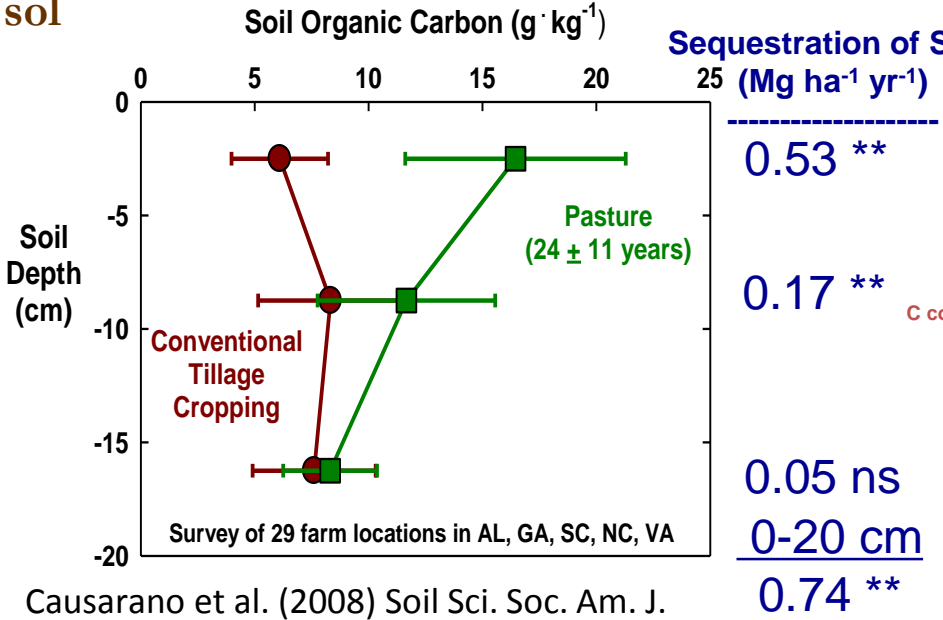
Dispositif expérimental de SOERE-ACBB



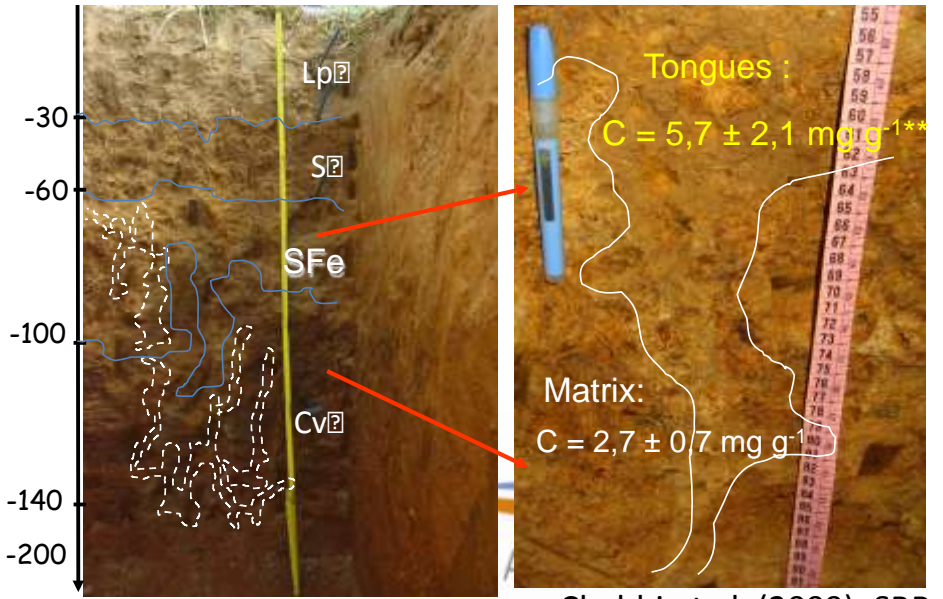
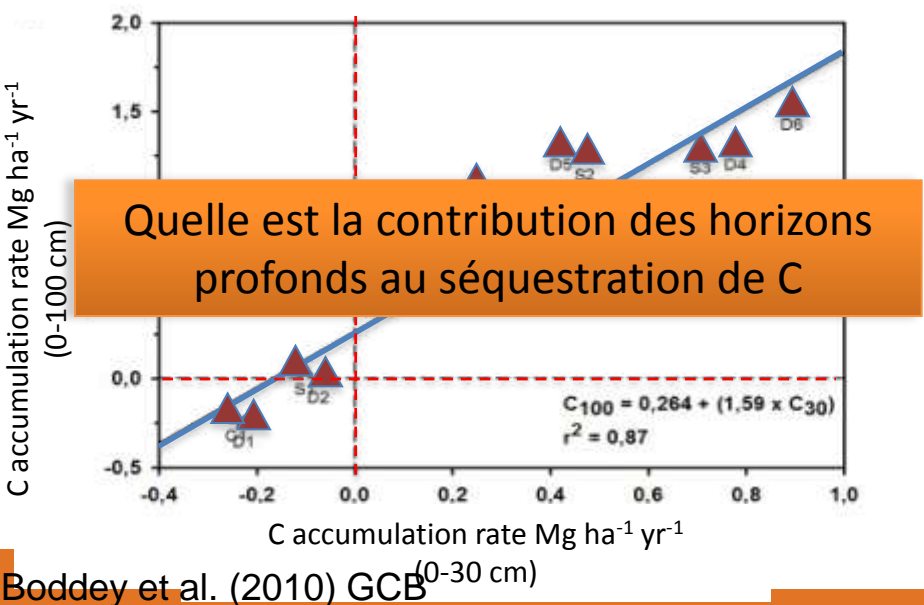
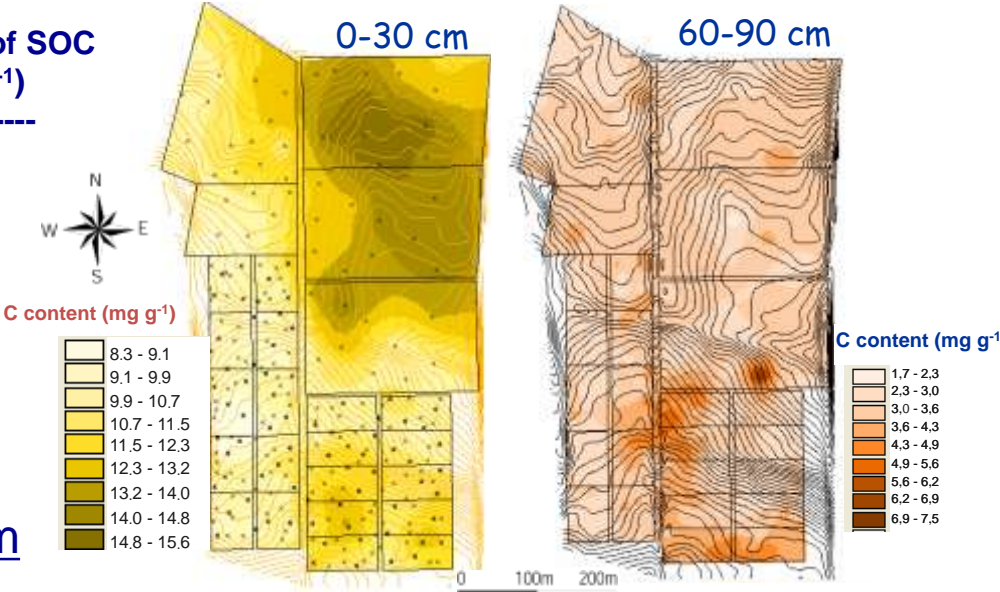
ar bone or gani que du sol

Carbon content in deep soil horizon is heterogeneously distributed but not affected by land use history

— Distribution vertical du C organique du sol



Causarano et al. (2008) Soil Sci. Soc. Am. J.



Réponses environnemental

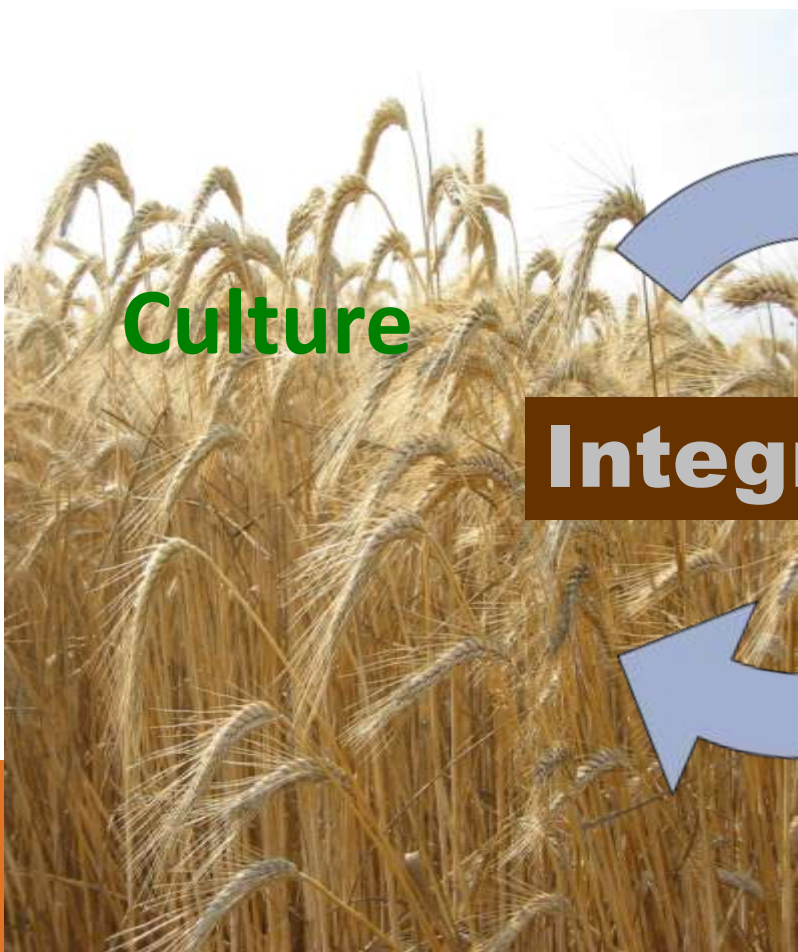
— Solution du sol



Culture

Integration

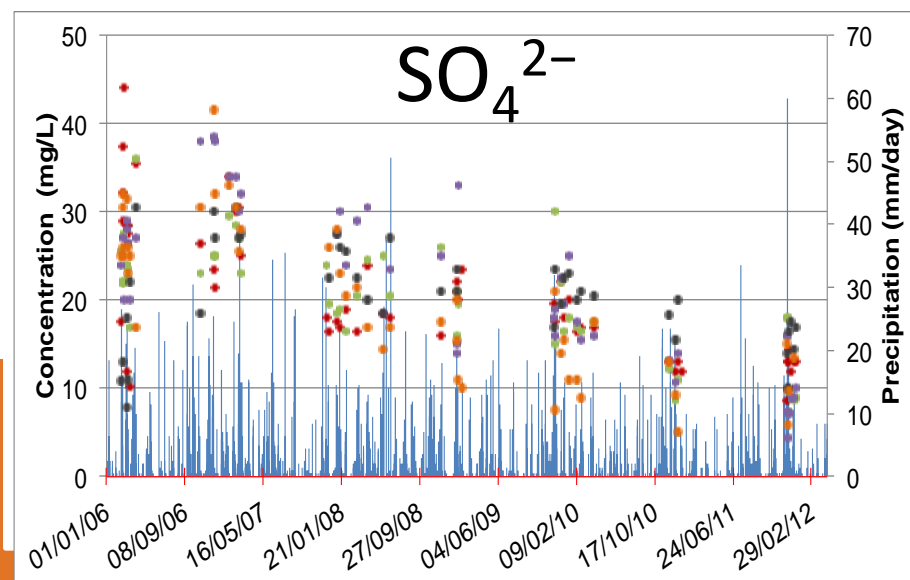
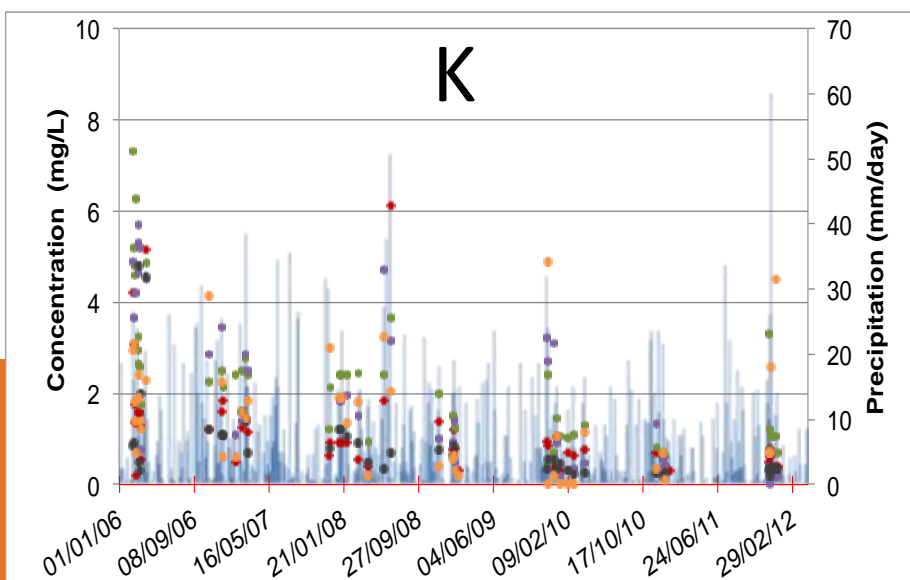
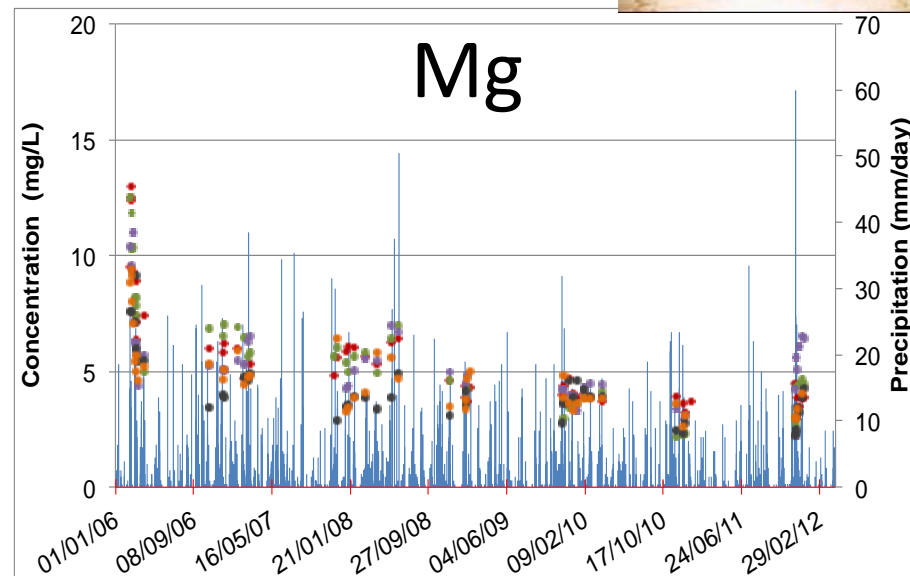
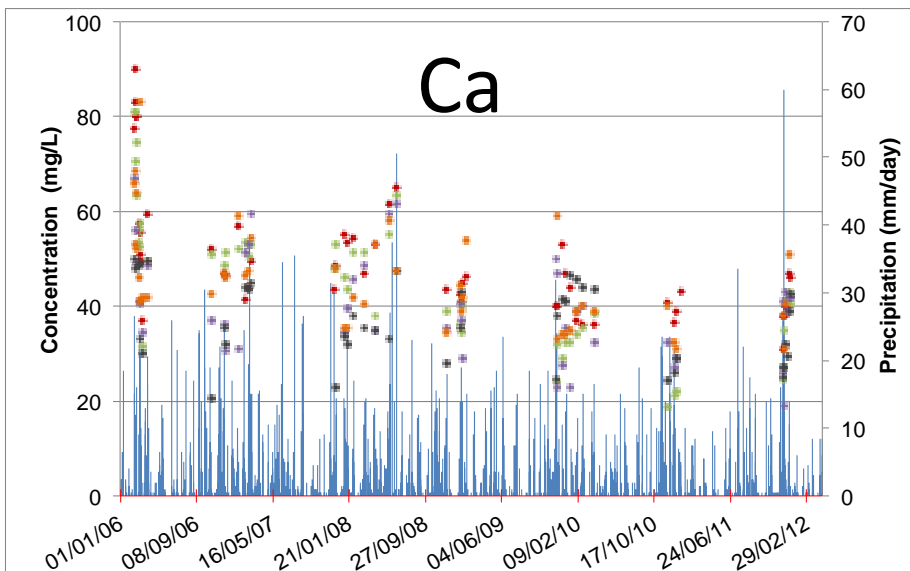
Élevage



Plot size	Treatment	Grassland duration	N input	Grassland Management
"Small plot"	T1	Crop rotation	0	Cutting
	T2	Grassland-crop rotation	3 yrs	
	T3		6 yrs	
	T4		N-	
	T5	Permanent Grassland	> 20 yrs	

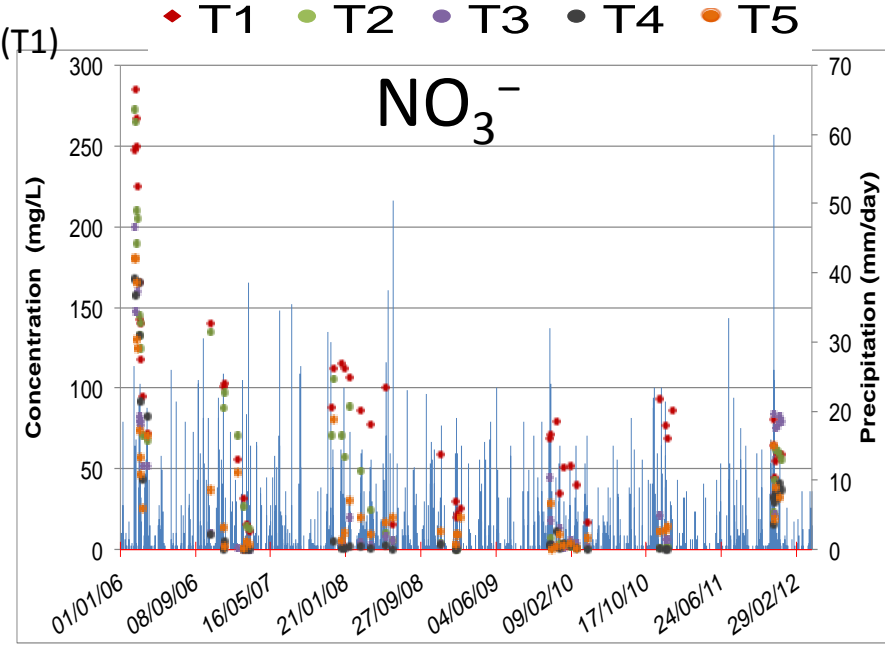
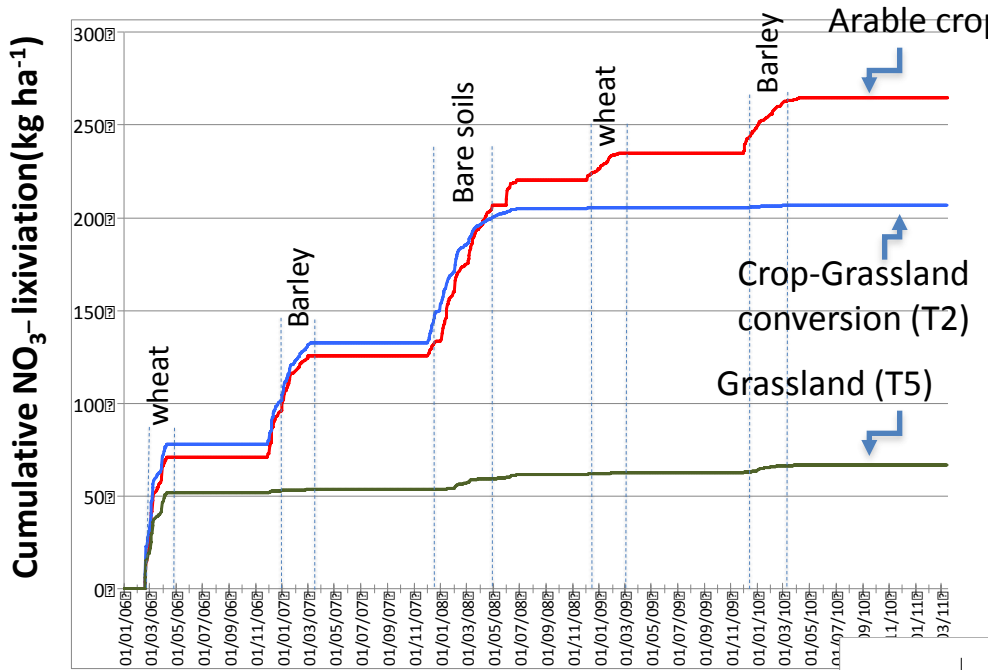
Ca, Mg, K, SO₄²⁻ dynamics at 105 cm depth

◆ T1 ● T2 ● T3 ● T4 ● T5



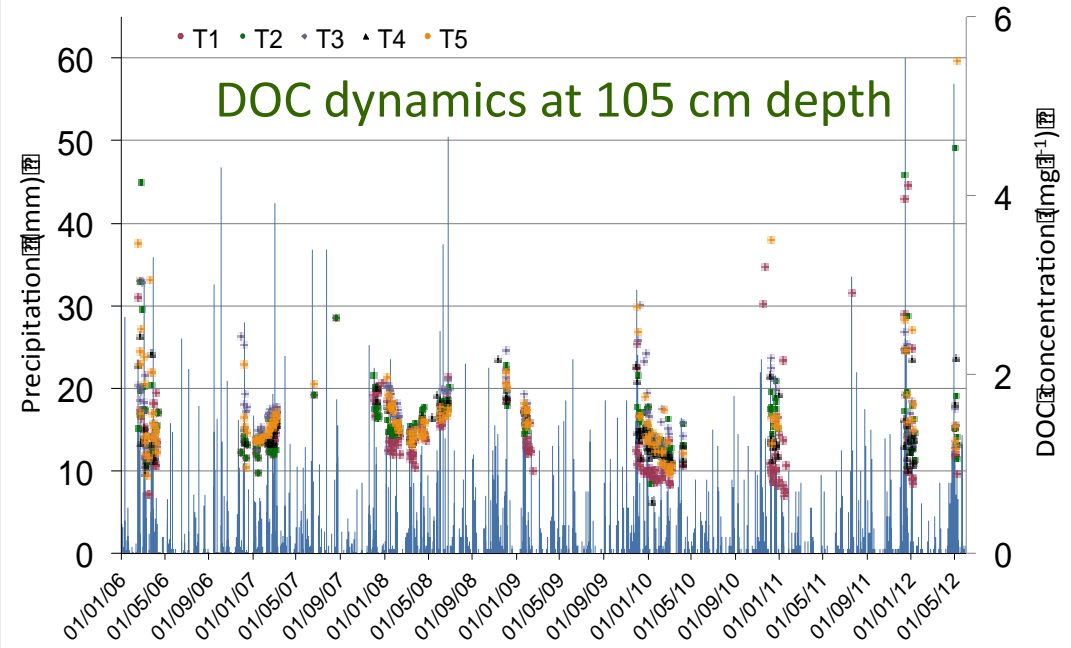
Drainage and nitrate lixiviation under crop and grassland treatments

NO₃⁻ dynamics at 105 cm depth

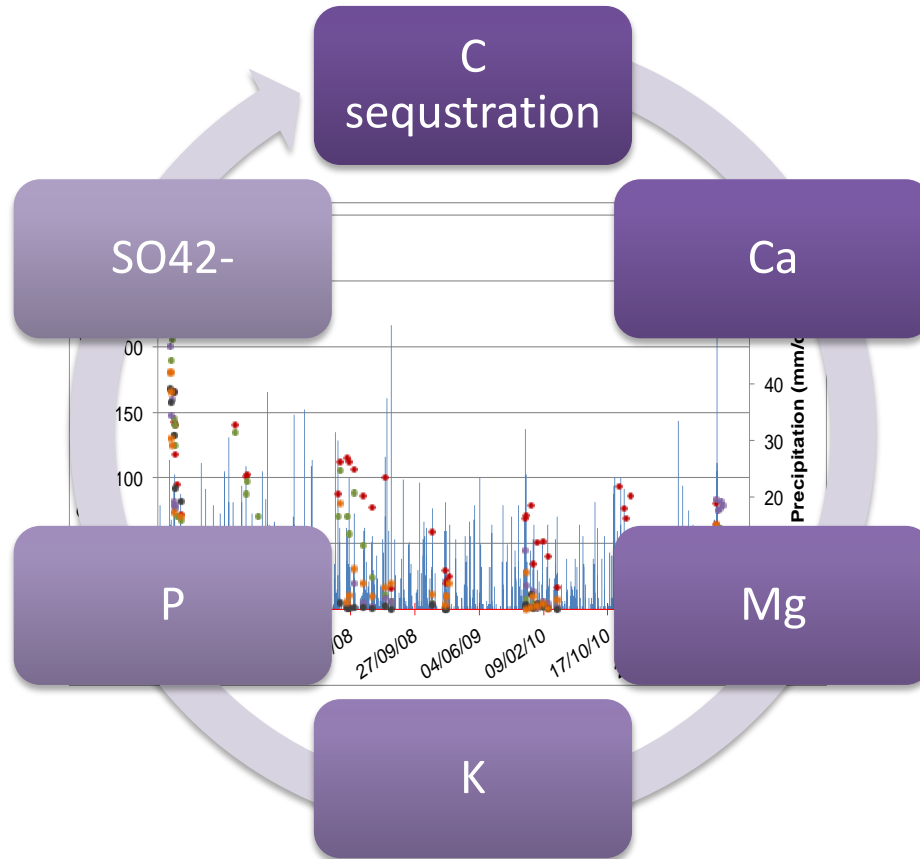


A larger nitrate lixiviation under crop than grassland...

...but no major change in DOC concentration between treatments nor following 6 yrs grassland ploughing



We know what we don't know



Réponses environnemental

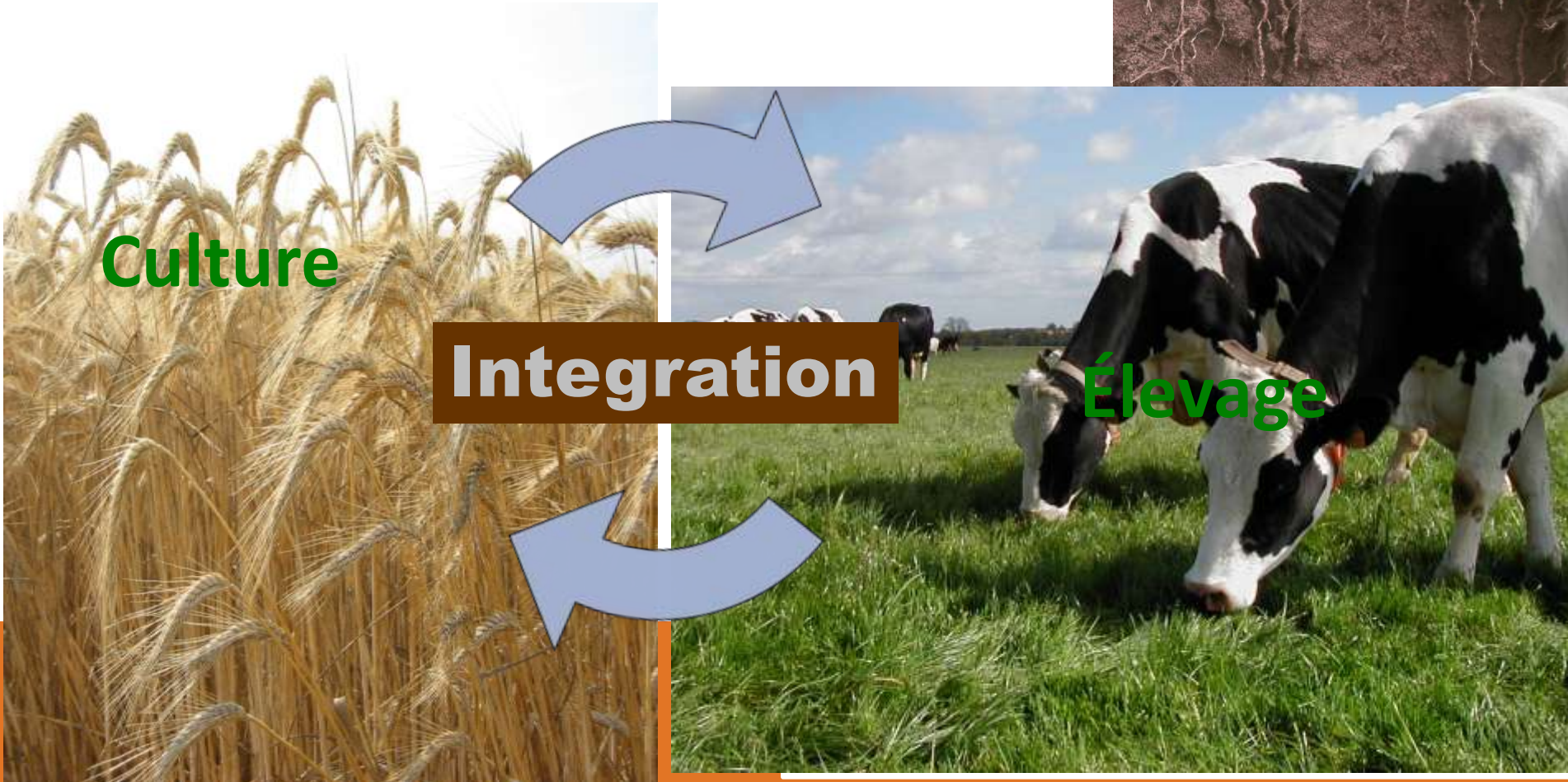
— GES



Culture

Integration

Élevage

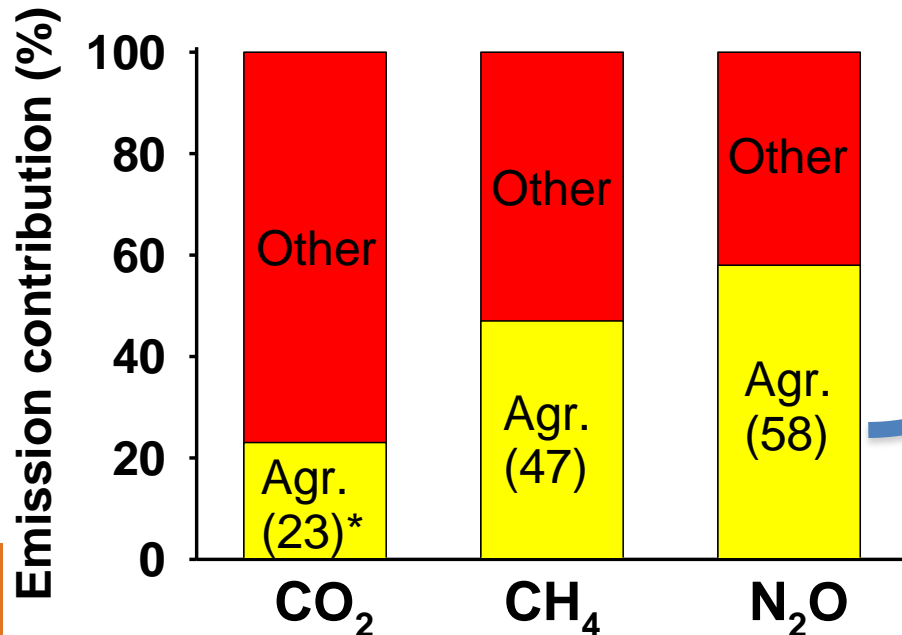


L'agriculture et émission de GES



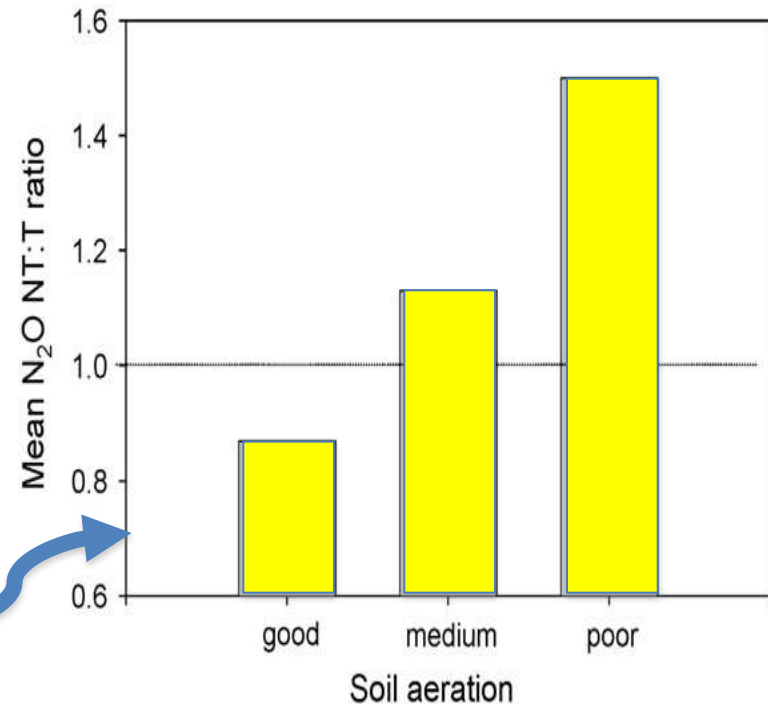
En France: 21% des émissions de GES provient de l'agriculture (2ème secteur émetteur)

Monde



Source: Smith et al 2007; IPCC 2007

*Include deforestation



Mean ratio of cumulated N₂O emissions from no-till (NT) to tilled (T) soils with poor, medium and good aeration (synthesis of 25 field studies) (Rochette, 2008)

— Des incertitudes énormes

1) les variations sont lentes et faibles et donc souvent inférieures à l'erreur de mesure

1)



10^6m

10^2m

10^0m

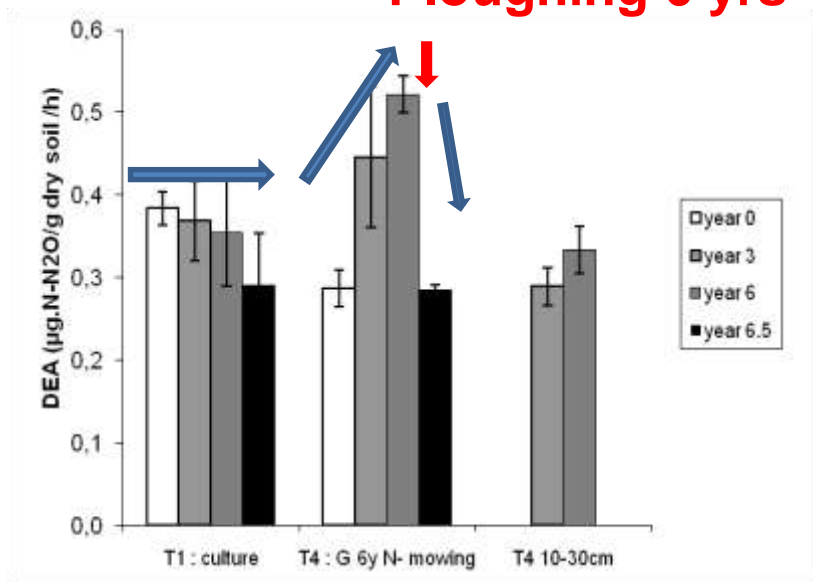


10^{-1}m

- L'effet du mode de gestion sur la composition microbienne et végétale et le turnover des MOS stockées dans le compartiment sol et ainsi leur potentiel à contribuer aux émissions des GES est peu connu.

Denitrifying activity

Ploughing 6 yrs



- Crop rotation: ± constant DEA
- Significant effect of grassland age (+) and ploughing (-)

Verrous-questions scientifiques

- Quel est l'effet des différentes pratiques agricoles (fauche, pâturage, charge animal, fertilisation, retournement) sur la qualité des MOS et l'activité microbienne?
- Peut-on quantifier à l'échelle de la parcelle et avec des mesures de terrain et la modélisation, les effets des rotations prairies-cultures sur le bilan net de GES de ces systèmes ?
- Quel est l'impact de l'introduction d'une rotation prairie-culture dans les bilans nationaux de GES et peut-on en déduire des recommandations pour une gestion des prairies favorables en terme de bilan de GES ?

- Quels sont les mécanismes, qui influencent l'émission des GES sous différents modes de gestion de prairies ?
- Quel est le bilan net de GES (émissions de N_2O et de CH_4 et séquestration de C) des prairies sous différents modes de gestion (pâturage intensif et extensif, fauchage, retournement, fertilisation N)
- Quel est le bilan net de GES (émissions de N_2O et de CH_4 et séquestration de C) des prairies sous différents modes de gestion (pâturage intensif et extensif, fauchage, retournement, fertilisation N) ?