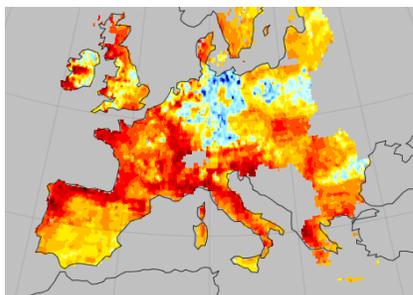


> Allongement des rotations et introduction de prairies dans les rotations

Abad CHABBI, INRAE Centre Nouvelle-Aquitaine-Poitiers, Unité de Recherches Pluridisciplinaires Prairies et Plantes Fourragères, LUSIGNAN



> Contexte

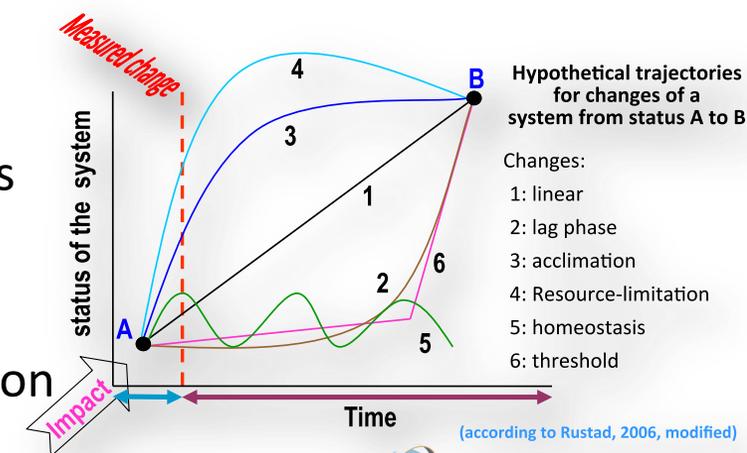
❑ Le défi aujourd'hui, n'est plus de fournir des règles d'action permettant l'obtention de niveau de production optimum (cf., réalisation d'un objectif économique)

- I. de pouvoir prédire le fonctionnement à long terme d'un agroécosystème soumis à différents types de contraintes anthropiques dans des contextes de milieu donnés....
- II. de pouvoir établir les règles de conduites de ces différents agroécosystèmes, dans les différents contextes pédoclimatiques, ayant la meilleure probabilité d'aboutir aux performances agronomiques ...mais aussi aux performances environnementales.



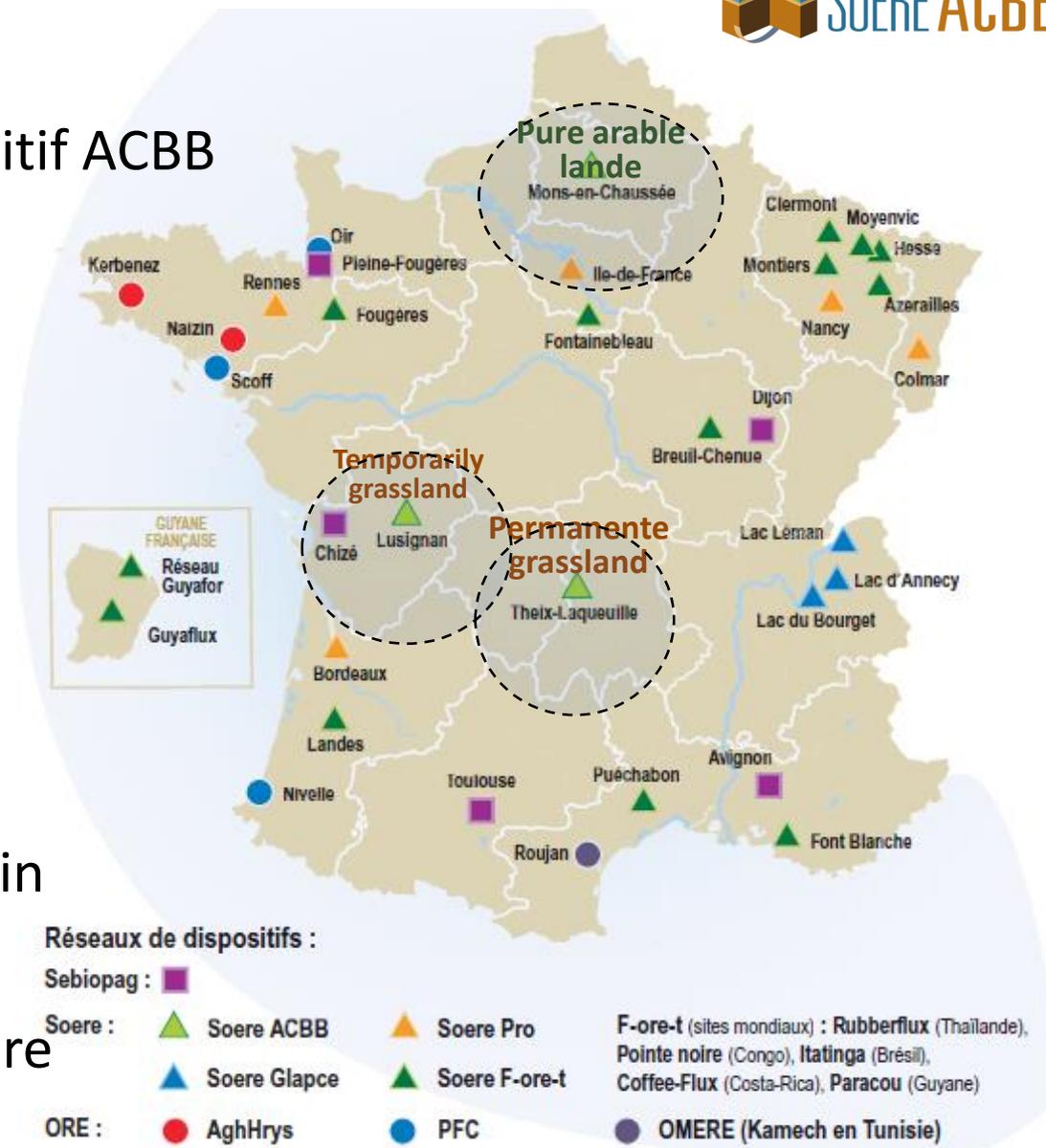
❑ Les processus environnementaux se caractérisent par l'inertie importante du système

- introduit une première difficulté, celle du temps de réponse entre l'effet et la réponse du système. (la réponse des systèmes biologiques n'est pas instantanée).
- Les couplages entre processus qui donnent naissance aux propriétés émergentes des écosystèmes font intervenir des boucles de rétroaction ayant souvent des pas de temps .

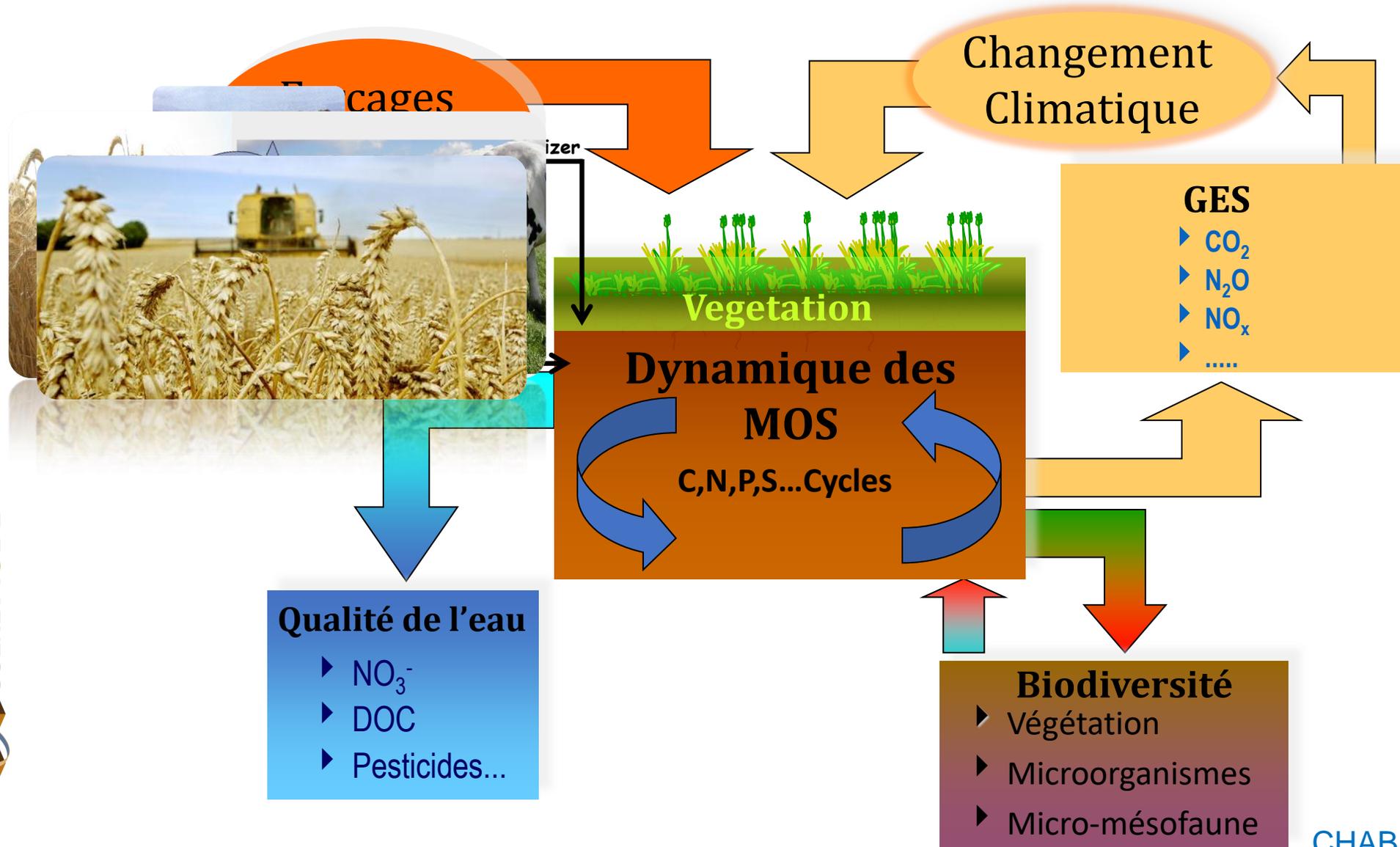


➔ C'est donc sur cette base qu'a été conçu le dispositif ACBB

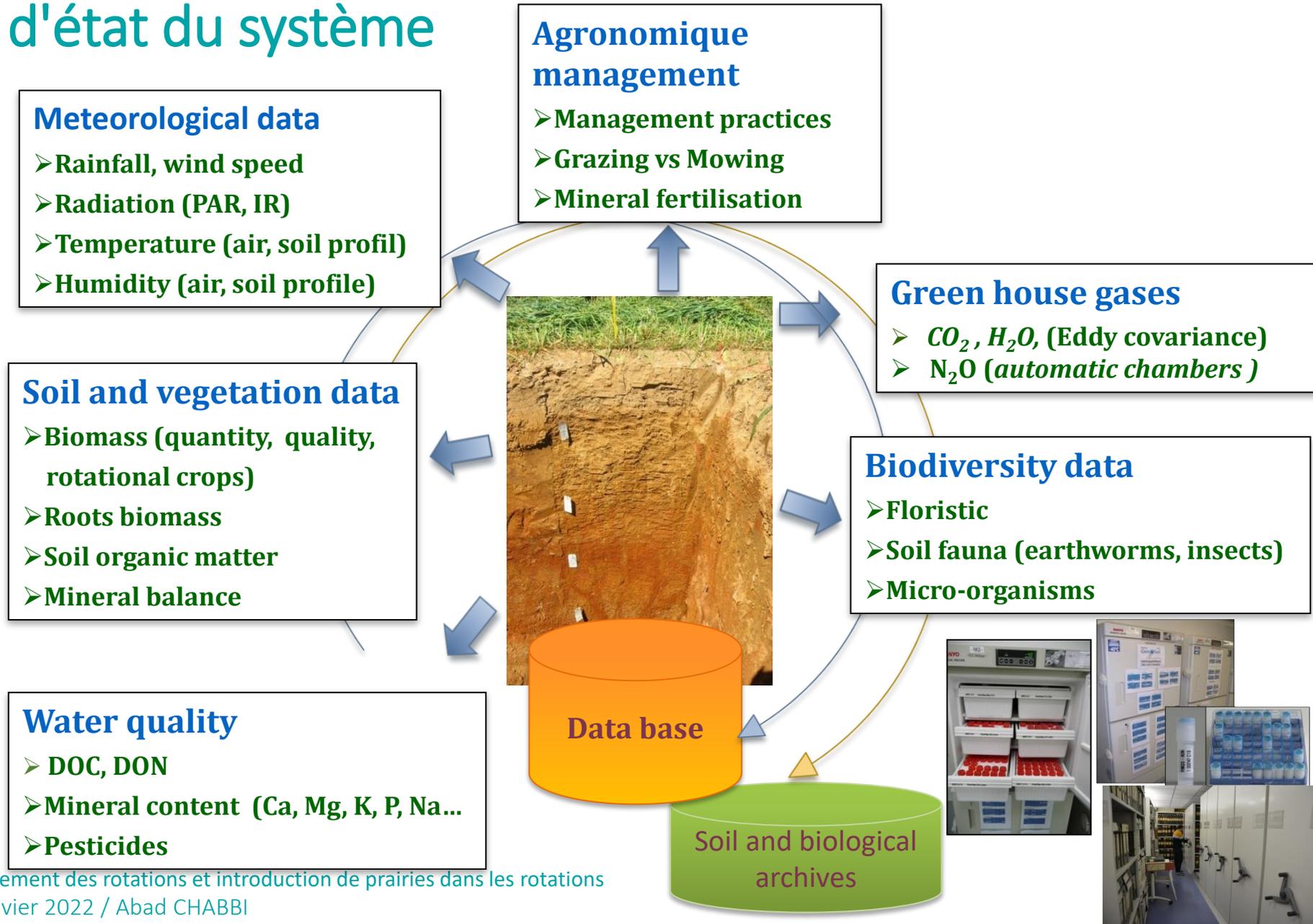
- Un réseau de dispositifs dédiés à l'observation et l'expérimentation à long terme pour la recherche environnementale.
- Cet ensemble, géré en réseau, permet d'analyser une gamme étendue de modes d'occupation des sols depuis :
 - les prairies permanentes Theix-Laqueuille,
 - systèmes de culture annuels intensifs du bassin parisien à Mons en Chaussée,
 - les systèmes mixtes d'alternance prairie-culture à Lusignan



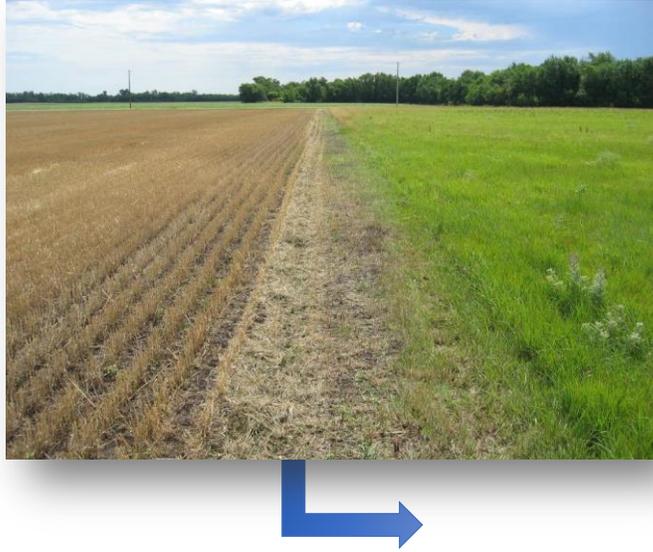
➤ ACBB - Grand Challenges



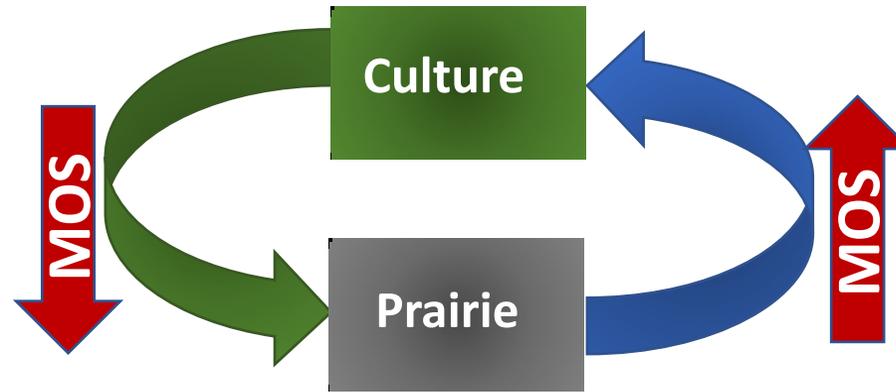
➤ Enregistrements et mesures à long terme des variables d'état du système



➤ Introduction des prairies dans les rotations culturelles



- Les sols ont perdu de grandes quantités de matières organiques depuis le début de l'agriculture (Sanderman et al., 2017, PNAS)



- La gestion des terres devrait tendre vers une "agriculture intelligente" visant à améliorer le rendement des cultures, la qualité des sols et le stockage de la MOS, tout en limitant les émissions de GES ([IPCC, 2013](#))
- L'introduction des prairies temporaires dans le cycle de culture pourrait renforcer le couplage des cycles biogéochimiques et du stockage de MOS (Lemaire et al., 2015)



➤ Objectives

- Quantifier l'effet d'une gestion contrastée (des prairies) sur :
 - le stockage du COS à différentes échelles spatiales (0.4 et 3.0 ha) entre 2005 - 2014 et 2016.
 - l'impact de la durée de la prairie (3 versus 6 ans) et du niveau de la fertilisation azotée (élevée ou faible) sur les changements du carbone du sol (0-30 et 0-60 cm de profondeur) et sur la production alimentaire.



➤ Dispositif expérimental de Lusignan

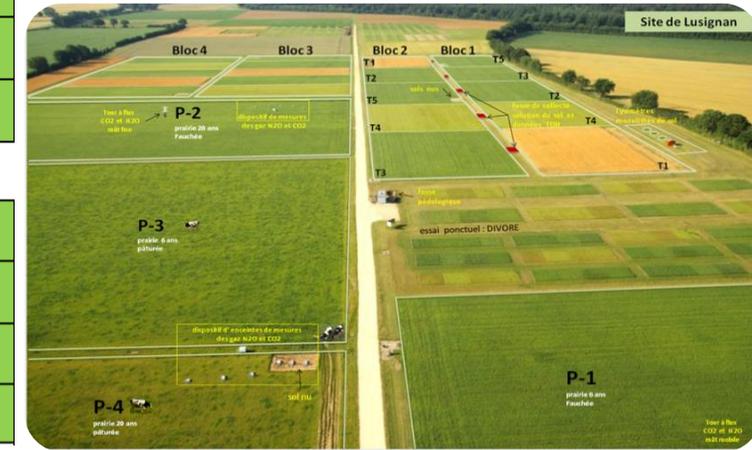
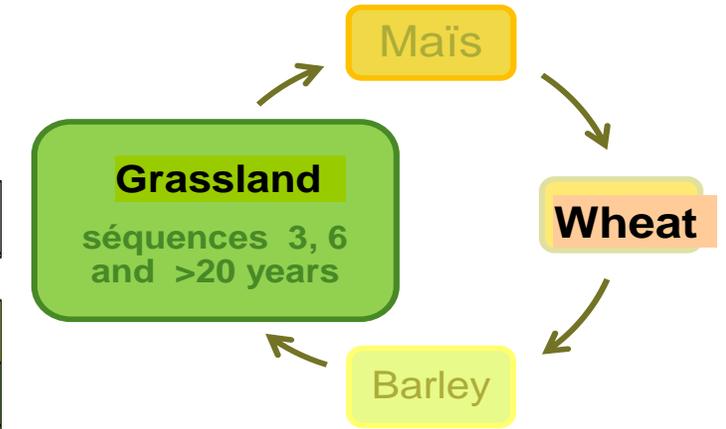


Echantillonnage



Initialisation: 2003-2004

Années		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Petites parcelles (0.4 ha)																									
T1	Rotation culturale	M	B	O	M	B	O	M	B	O	M	B	O	M	B	O	M	B	O	M	B	O	M	B	O
T2	Prairie 3 ans N+	M	B	O				M	B	O				M	B	O				M	B	O			
T3	Prairie 6 ans N+	Prairie permanente															M	B	O						
T4	Prairie 6 ans N-	Prairie permanente															M	B	O						
T5	Prairie permanente	Prairie permanente																							
Grandes parcelles (3 ha)																									
T3 G	Prairie 6 ans N+ fauchée	Prairie fauchée															M	B	O						
T6 G	Prairie 6 ans pâturée	Prairie pâturée															M	B	O						
T5 G	Prairie permanente N+ fauchée	Prairie permanente fauchée																							
T7 G	Prairie permanente pâturée	Prairie permanente pâturée																							



 Culture : Maïs (M), Blé (B) Orge (O)
 Prairie (dactyle, ray-grass, fétuque)

➤ Quantité d'azote (N) appliquée (kg N ha⁻¹) pendant la période de 2005 à 2016 selon le mode d'utilisation des sols

Year	CC		C3G3		G6C3		G6C3LN		PG	
	Crop Type	N Rate								
2005	S. maize	117	S. maize	117	Grass	0	Grass	0	Grass	0
2006	W. wheat	85	W. wheat	85	Grass	170	Grass	30	Grass	170
2007	W. barley	120	W. barley	120	Grass	380	Grass	30	Grass	380
2008	S. maize	80	Grass	330	Grass	330	Grass	30	Grass	330
2009	W. wheat	150	Grass	230	Grass	230	Grass	30	Grass	230
2010	W. barley	83	Grass	210	Grass	210	Grass	30	Grass	210
2011	S. maize	72	S. maize	36	S. maize	36	S. maize	36	Grass	120
2012	W. wheat	160	Grass	210						
2013	W. barley	90	Grass	300						
2014	S. maize	100	Grass	40	Grass	40	Grass	40	Grass	250
2015	W. wheat	163	Grass	201	Grass	201	Grass	111	Grass	201
2016	W. barley	80	Grass	200	Grass	200	Grass	50	Grass	200

Total :

12 ans

1300

1819

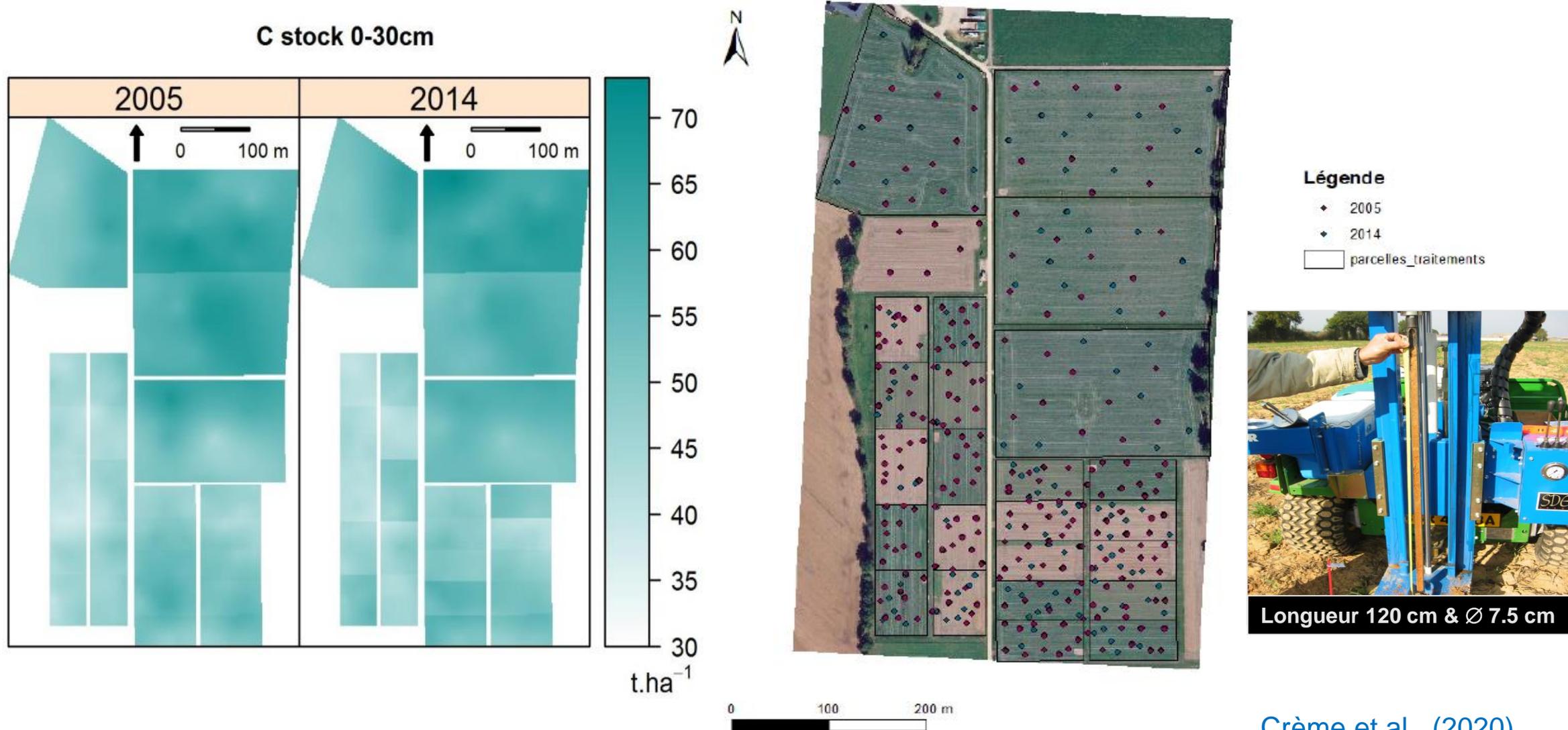
2227

537

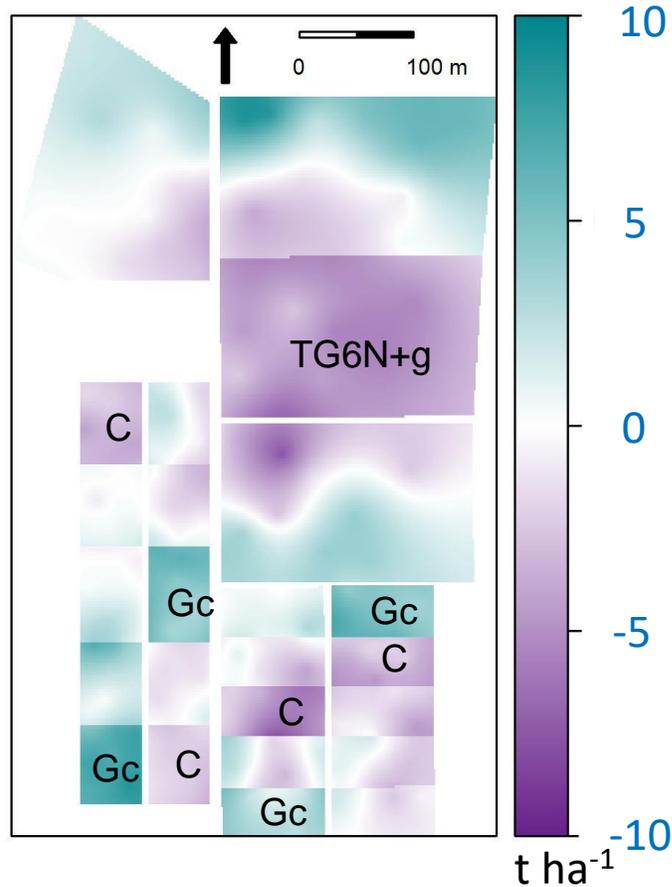
2601



➤ Stocks de C en 2005 et 2014



➤ Dynamique temporelle des stocks de C dans l'horizon 0 - 30 cm



	Stockage à 9 ans t.ha ⁻¹	Dynamique par an ‰
C	-3.3***	-7.5
TG3N+	-0.7	
TG6N+	0,8	
TG6N-	-0.2	
Gc	4.9***	11.6
TG6N+	0.6	
TG6N+g	-4.3**	-7.9
Gc	0.2	
Gc	1.8	

- Perte de C sous culture continue était de $-0.36 \text{ tC ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$, \sim trois fois $<$ aux données pour les sols français rapportées.
 - ➔ perte de COS très variable dans les sols de cultures du monde, allant de -0.2 à -12% par an, avec une moyenne mondiale de -0.6%
- Gains dans le sol des prairies excède les données bibliographiques compilées cf., $+0.34 \text{ tC ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ après l'établissement des prairies.

- ❖ Augmentation des stocks de C sous prairies permanentes (Gc).
- ❖ Perte de C sous culture continue (C).
- ❖ Les prairies temporaires maintiennent les stocks de C, sauf sous prairie pâturée (TG6+g);
- ❖ Stockage du C à différentes échelles spatiales (0.4 et 3.0 ha);



➤ Changement de stock de C selon la gestion de la prairie

	2013	2016
Introduction de la prairie dans les cultures	Mg C ha⁻¹ an⁻¹	
0-30	0.3 – 1.3	0.3 – 0.6
0-60	0.3 – 1.4	0.0 – 0.6
Prairie permanente		
0-30	1.13	1.54
0-60	0.38	0.40

- Changement de stock de C (horizon de surface) après l'introduction de la prairie dans les rotations de cultures est en accord avec les données publiées (~ 0.3-1.9 Mg C ha⁻¹yr⁻¹).
- Taux de variation / augmentation relativement faible des stocks de C en profondeur indique une perte de C



➤ Mode de gestion de la prairie et entrées de C (Mg C ha⁻¹ an⁻¹) dans les horizons 0-30 cm et 0-60 cm durant les périodes 2005-2007, 2005-2010, 2005-2013 et 2005-2016.

Period	Treatment	Total C input		C input from crops			C input from grasses	
		0-30 cm soil depth (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	0-60 cm soil depth (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Above-ground (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	below-ground 0-30 cm (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	below-ground 30-60 cm (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	below-ground 0-30 cm (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	below-ground 30-60 cm (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)
2005-2007 3 years	CC	1.03 (0.05)	1.24 (0.04)	0.70 (0.06)	0.33 (0.09)	0.21 (0.01)	–	–
	C3G3	1.01 (0.23)	1.18 (0.24)	0.67 (0.10)	0.34 (0.14)	0.16 (0.07)	–	–
	G6C3	1.17 (0.23)	1.34 (0.24)	–	–	–	1.17 (0.23)	0.17 (0.03)
	G6C3LN	1.36 (0.30)	1.60 (0.32)	–	–	–	1.36 (0.30)	0.24 (0.03)
	PG	1.31 (0.06)	1.49 (0.08)	–	–	–	1.31 (0.06)	0.18 (0.05)
	P-Value	P = 0.08	P = 0.07	P = 0.68	P = 0.94	P = 0.21	P = 0.47	P = 0.06
2005-2010 6 years	CC	1.88 (0.22)	2.09 (0.23)	1.53 (0.22) ^a	0.35 (0.04) ^a	0.21 (0.03) ^a	–	–
	C3G3	1.49 (0.13)	1.71 (0.15)	0.34 (0.05) ^b	0.17 (0.07) ^b	0.08 (0.08) ^b	0.99 (0.07) ^b	0.13 (0.01) ^b
	G6C3	1.76 (0.48)	1.98 (0.50)	–	–	–	1.76 (0.48) ^a	0.22 (0.04) ^a
	G6C3LN	1.63 (0.18)	1.93 (0.23)	–	–	–	1.63 (0.18) ^a	0.30 (0.08) ^a
	PG	1.58 (0.15)	1.83 (0.19)	–	–	–	1.58 (0.15) ^a	0.25 (0.04) ^a
	P-Value	P = 0.31	P = 0.43	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05
2005-2013 9 years	CC	1.90 (0.16) ^b	2.07 (0.16) ^b	1.52 (0.12) ^a	0.38 (0.05)	0.17 (0.03) ^a	–	–
	C3G3	2.29 (0.10) ^{ab}	2.53 (0.11) ^{ab}	0.76 (0.06) ^b	0.42 (0.06)	0.10 (0.02) ^b	1.12 (0.11) ^c	0.14 (0.02) ^c
	G6C3	2.58 (0.62) ^a	2.84 (0.67) ^a	0.60 (0.08) ^c	0.38 (0.06)	0.07 (0.03) ^b	1.60 (0.51) ^{ab}	0.20 (0.04) ^{bc}
	G6C3LN	2.34 (0.08) ^{ab}	2.67 (0.12) ^a	0.54 (0.07) ^c	0.36 (0.08)	0.07 (0.02) ^b	1.43 (0.17) ^{bc}	0.27 (0.06) ^a
	PG	1.93 (0.18) ^b	2.18 (0.20) ^b	–	–	–	1.93 (0.18) ^a	0.25 (0.05) ^{ab}
	P-Value	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05	P = 0.68	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05
2005-2016 12 years	CC	1.76 (0.12) ^c	1.92 (0.13) ^c	1.38 (0.09) ^a	0.38 (0.04) ^a	0.16 (0.02) ^a	–	–
	C3G3	2.19 (0.10) ^{ab}	2.44 (0.11) ^{ab}	0.57 (0.04) ^b	0.31 (0.05) ^{ab}	0.08 (0.02) ^b	1.31 (0.09) ^b	0.17 (0.02) ^c
	G6C3	2.42 (0.51) ^a	2.67 (0.55) ^a	0.45 (0.06) ^c	0.28 (0.05) ^b	0.05 (0.02) ^b	1.68 (0.42) ^{ab}	0.20 (0.04) ^{bc}
	G6C3LN	2.14 (0.14) ^{abc}	2.45 (0.18) ^{ab}	0.41 (0.05) ^c	0.27 (0.06) ^b	0.05 (0.01) ^b	1.46 (0.20) ^b	0.26 (0.05) ^a
	PG	1.95 (0.23) ^{bc}	2.21 (0.25) ^{bc}	–	–	–	1.95 (0.23) ^a	0.25 (0.04) ^{ab}
	P-value	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.05

- Augmentation des stocks de C dans les prairies permanentes ne peut s'expliquer par la quantité ou même la qualité de l'apport de carbone:
 - ↳ indique plutôt une bonne préservation et donc une moindre décomposition du C du sol sous prairies permanentes.

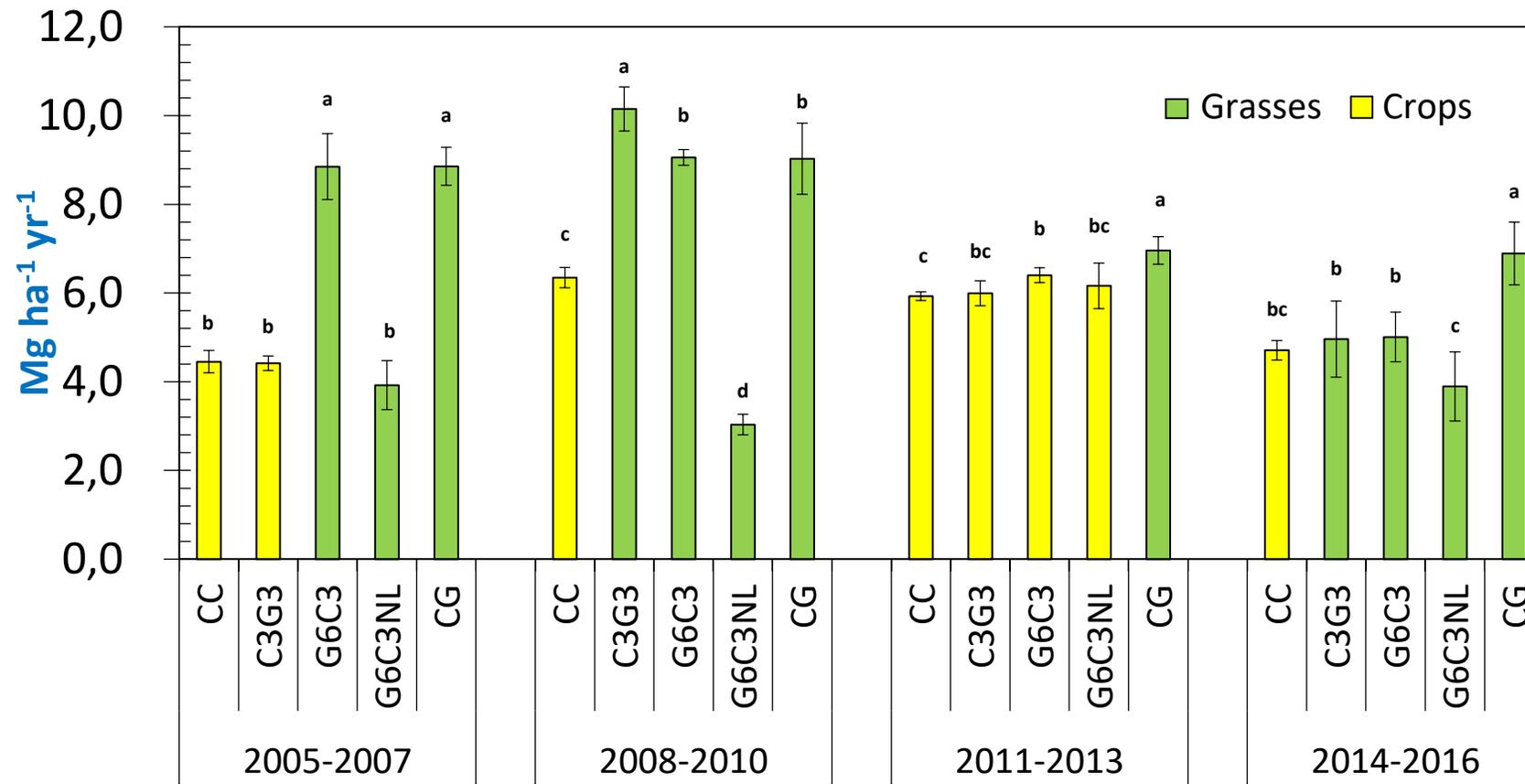


➤ Fertilisation azotée et changement de C- entrée de C

- ❖ La Séquestration de C de $0.5 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ en réponse à la fertilisation azotée dans les prairies (Conant et al. (2017)).
- ❖ En 7 endroits en Europe, l'utilisation de N uniquement n'a pas modifié de manière significative le stock de carbone du sol ou des racines. Pas modifié de manière significative les stocks de C du sol ou de C des racines à 0-30 cm (Poeplau et al. (2018))
- ❖ A Lusignan les écarts dans les changements de C du sol entre les prairies N+ et celles faiblement fertilisées (N-) n'étaient pas significatifs, pas plus que les apports de C des prairies à 0-30 cm ou 0-60 cm de profondeur.



➤ Rendement des céréales et production aérienne des prairies ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) selon les différents modes de conversion de l'utilisation des terres



- Rendement en grain a diminué de 5.6 à 3.5 $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ (CC vs. C3G3)

- 2.1 $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ dans G6C3 et G6C3LN après 6 ans de prairies à forte et faible teneur en azote

- Les prairies à faible teneur N-, montrent un rendement de 3.0 à 3.9 $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$, ce qui était nettement < à celui des prairies à forte teneur N+, après 6 ans, ou 3 ans, allant de 5.0 à 10.2 $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$, pendant toute la période.

- ❖ Au cours de la première rotation complète (2005-2013), les traitements avec des prairies de 3 ans et de 6 ans ont révélé des pertes de 37.5 % et 62.5 % de leur production végétale, respectivement.
- ❖ Par rapport aux sols cultivées, les prairies permanentes n'ont pas montré un apport de C plus important, alors que ces dernières ont montré une augmentation du stock de C de 0.6 à 1.4 Mg C ha⁻¹ an⁻¹.



➤ Conclusion

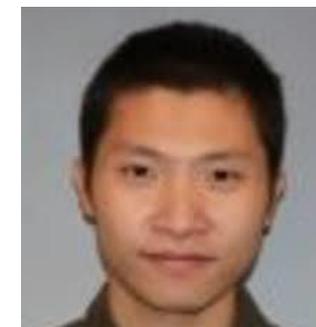
- Les pratiques de gestion à l'échelle décennale ont le plus grand effet sur la quantité et la composition de la MOS dans les quelques centimètres supérieurs.
- À plus grande échelle et au sein d'un même traitement, les effets de la gestion sont confondus avec les effets d'autres paramètres du sol (cf., liés aux caractéristiques du sol) qui influencent les résultats.
 - même pour un type de sol, la variabilité locale des caractéristiques du sol a une influence sur les réponses des stocks de COS aux pratiques de gestion de la prairie.
- Le pâturage pourrait réduire les stocks de COS et montrer, en même temps, une assimilation de CO_2 , ce qui indique que ce C supplémentaire pourrait contribuer à d'autres pools que le COC.
- L'intégration des prairies dans la rotation des cultures augmente l'apport de C et les stocks de C du sol dans la couche supérieure du sol, tout en réduisant la durée et la production des cultures.
- Compte tenu de l'équilibre entre la production alimentaire et les stocks de C dans le sol, il est recommandé d'associer la rotation des cultures aux prairies de trois ans.



➤ Remerciements



- Cornelia Rumpel
- Alexandra Crème
- Aliia Gilmullina
- Nimai Senapati
- Nicolas Puche
- Teng Hu



#3RDF2022

Allongement des rotations et introduction de prairies dans les rotations
20 janvier 2022 / Abad CHABBI

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

 **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION**
*Liberté
Égalité
Fraternité*



RAIN

Réseau pour l'agriculture et l'innovation en Nouvelle-Aquitaine