



Le stockage de C pour répondre aux enjeux climatiques – les pratiques agricole

Katja Klumpp et al.

Grassland Ecosystem Research Unit,
Clermont Ferrand, France





Context

- **Quelques bases** sur la de séquestration

définition du vocabulaire: cycle C , matière organique

- **Effet des pratiques** sur séquestration de C ;

- Cultures intermédiaire
- Fertilisation
- Prairies
- mode de l'utilisation, et intensité d'utilisation

Le climat en France en 2050

(Comparaison à la période 1976-2005)



+2,2 °C

de hausse des
températures moyennes
en France.



5 à 15 jours

de vagues de chaleur
en plus selon un axe
nord-ouest/sud-est.



- 10 %

des cumuls de pluie en été.
Les sécheresses sont plus
longues en été jusqu'à 5 à
10 jours supplémentaires.



-20 % à -50 %

d'épaisseur de neige
en moyenne montagne
à l'horizon 2050.



10 à 20 jours

de gel en moins, d'ouest en
est du pays et en montagne.

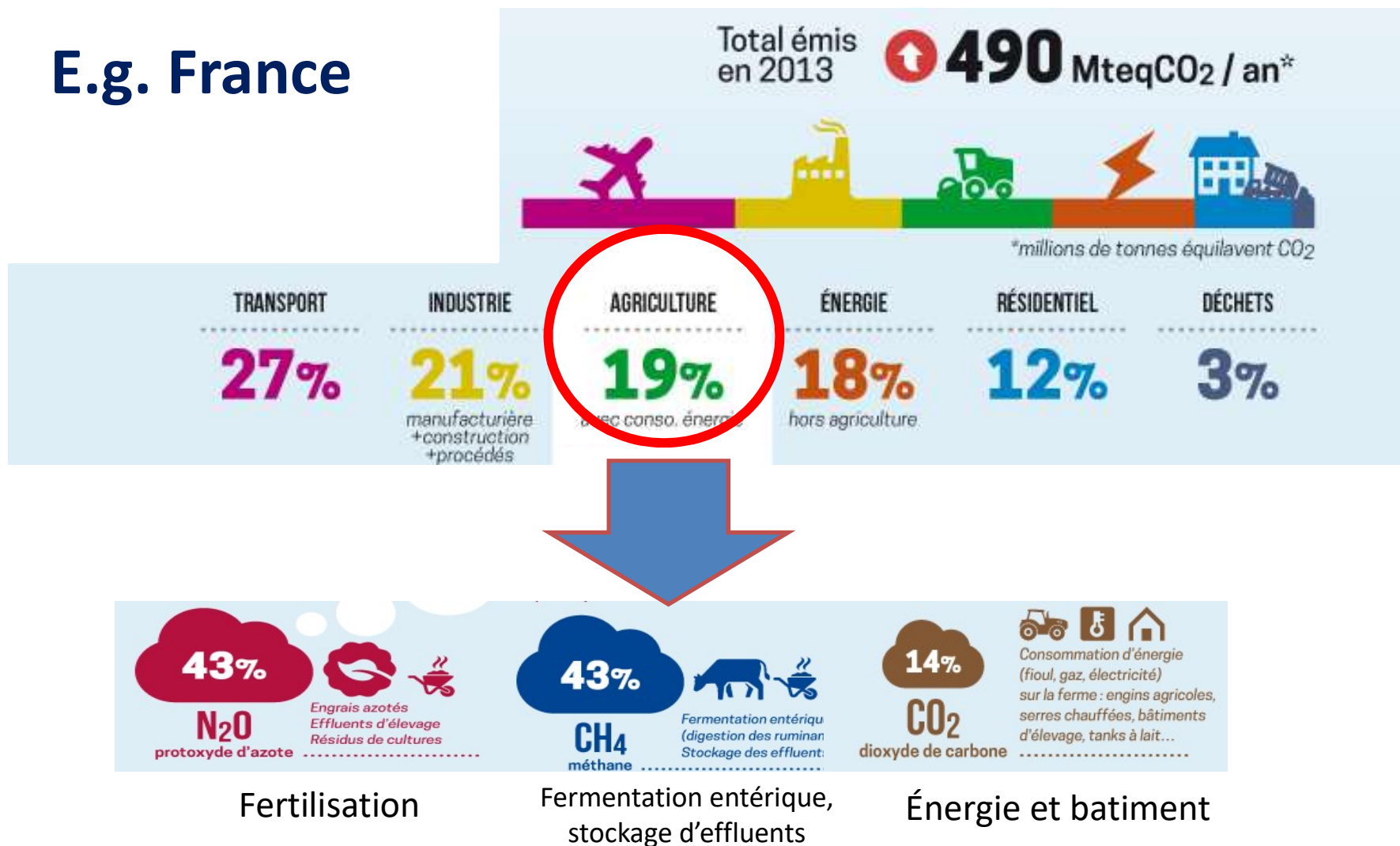


10 à 20 nuits

tropicales en plus sur la
moitié nord de la France,
et jusqu'à 50 nuits sur les
régions méditerranéennes.

- Le secteur de l'agriculture est responsable d'environ 19 % de toutes les émissions anthropiques de GES (Citepa 2020)

E.g. France

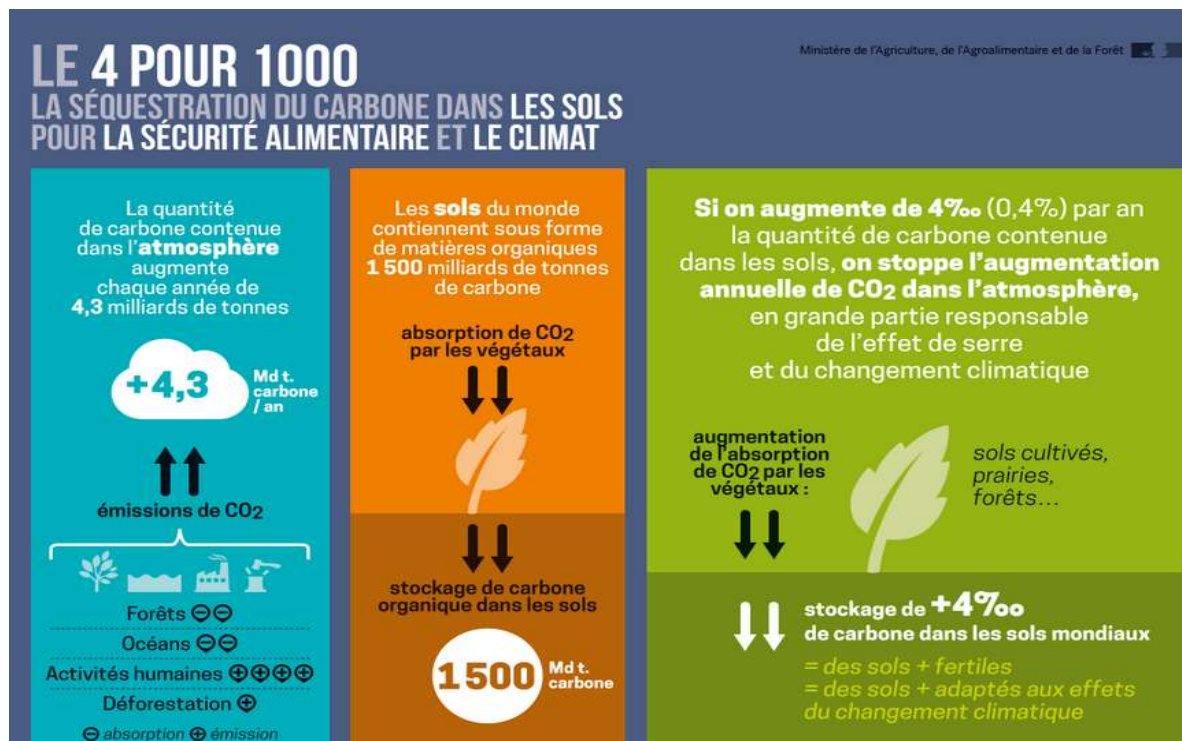


- Capter le CO₂ atmosphérique et le stocker dans la végétation et le sol



COP21 (2015)

- La initiative **"4 pour mille »** pour la **sécurité alimentaire** et le climat" a été lancée dans le but d'augmenter les stocks de matière organique des sols de 4 pour 1000 (ou 0,4 %) par an.



L'initiative vise à montrer que **l'agriculture, et en particulier les sols agricoles, peuvent jouer** un rôle crucial pour la sécurité alimentaire et le changement climatique **limiter la hausse des températures à + 2°C**

Le stockage de C pour répondre aux enjeux climatiques – les pratiques agricole



Eviter des sols nu



**Culture
intermédiaire**



**Agroforesterie
& Haies**



**Gestion des
prairies**



**Restauration
des surfaces
dégradé**

Fertilisation Organique



Agroecologie

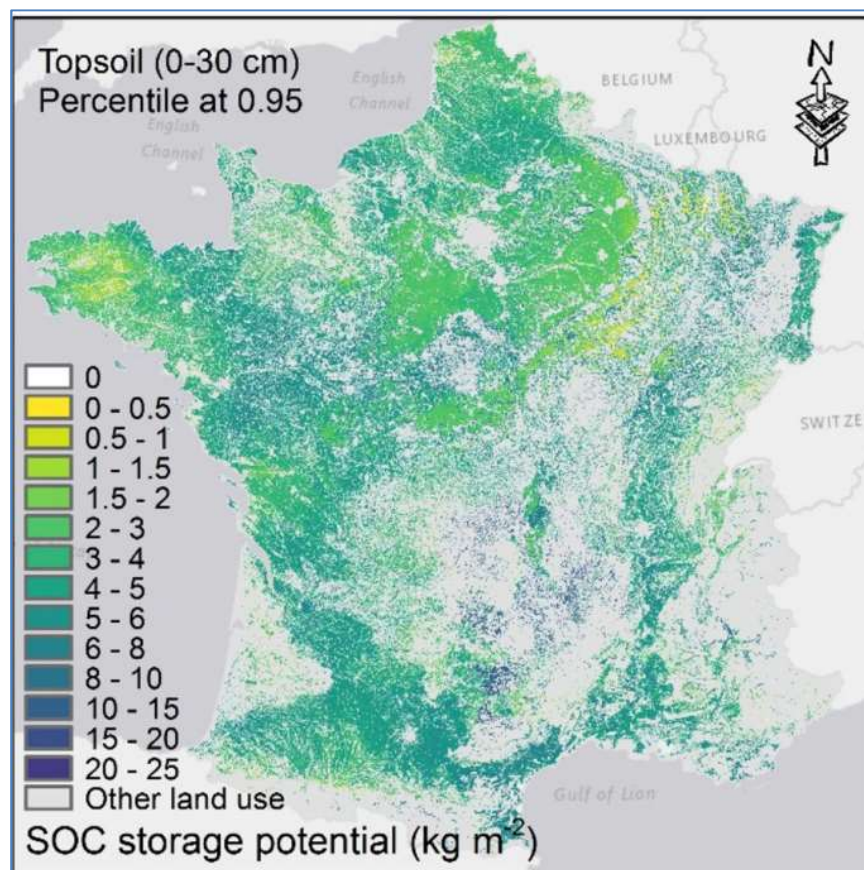


Travail du sol

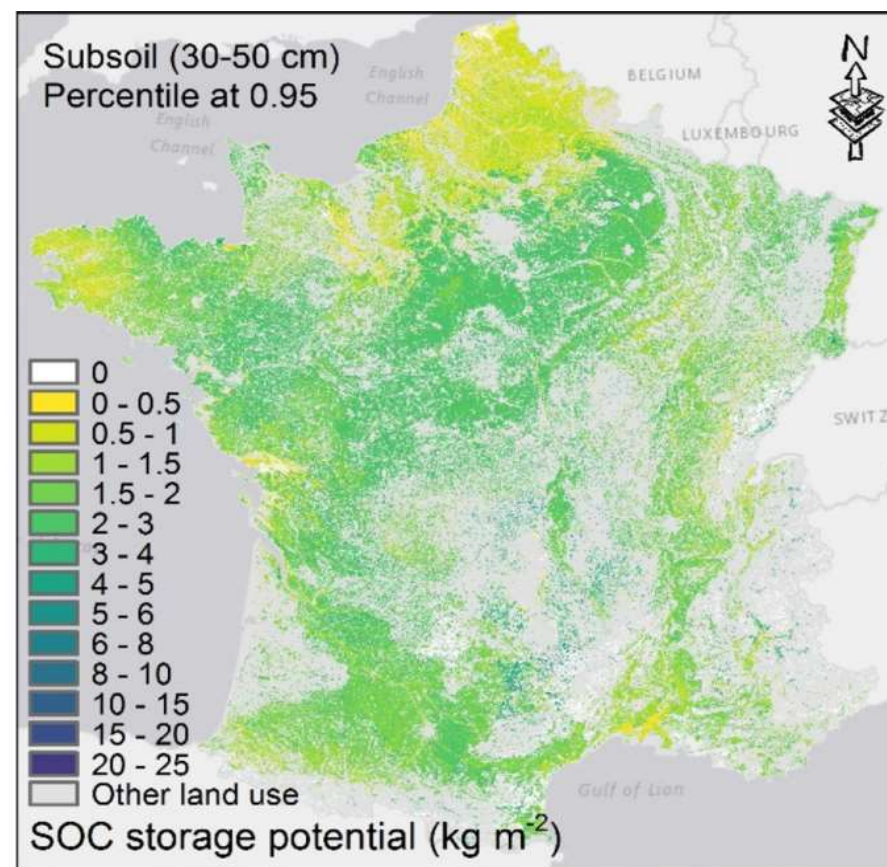



Combien de carbone organique peut on encore stocker dans le sol ?

0-30cm



30-50cm

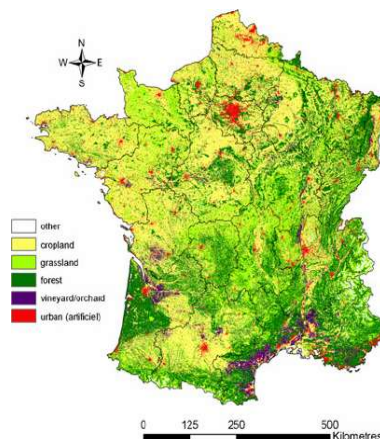


A black and white photograph showing a cross-section of soil. The top layer is dark and crumbly, with several plant roots visible extending downwards. The roots are light-colored and contrast with the dark soil. The soil surface is uneven and textured.

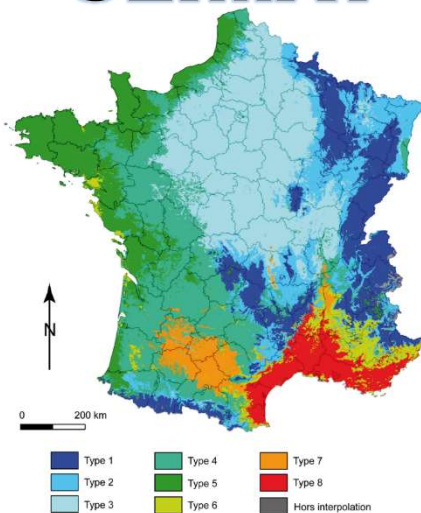
Quelques bases

Le carbone dans les sols

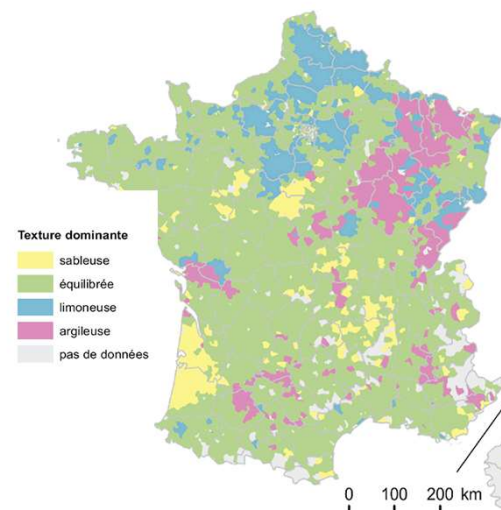
- Sur le long term le stock de C (héritage)
dépend de



CLIMAT



Type de Sol

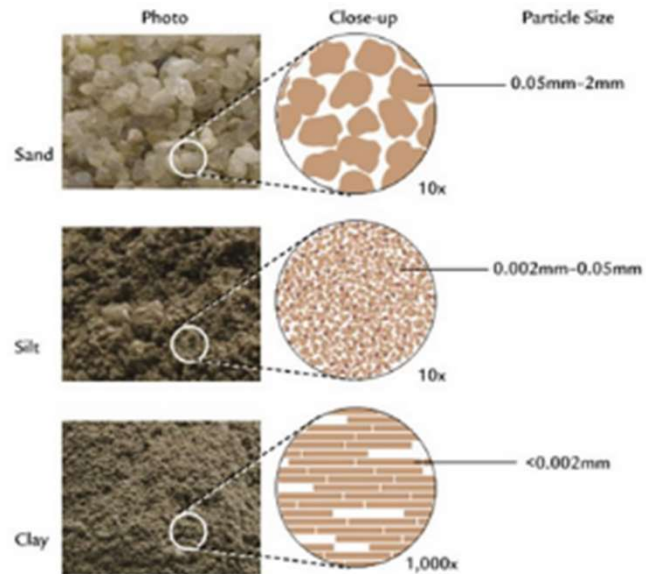


Le stock de carbone (C) du sol : de quoi parle-t-on?

- Le Stock du carbone du sol fait souvent référence au **carbone organique** du sol (SOC)
- Le SOC est étroitement lié à la quantité de **matière organique** dans le sol (matière organique du sol) ($SOM = SOC \times 1,72$)
- Les **matières organiques (MO)** = composés carbonés **d'origine végétale et animale**
- Elles sont alimentées **par les entrées de C** Litière, racines, fertilisation org, pâturage ...

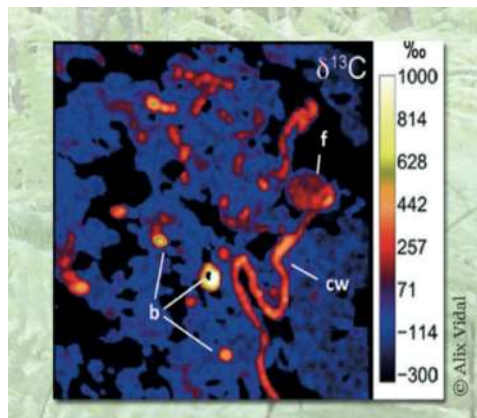
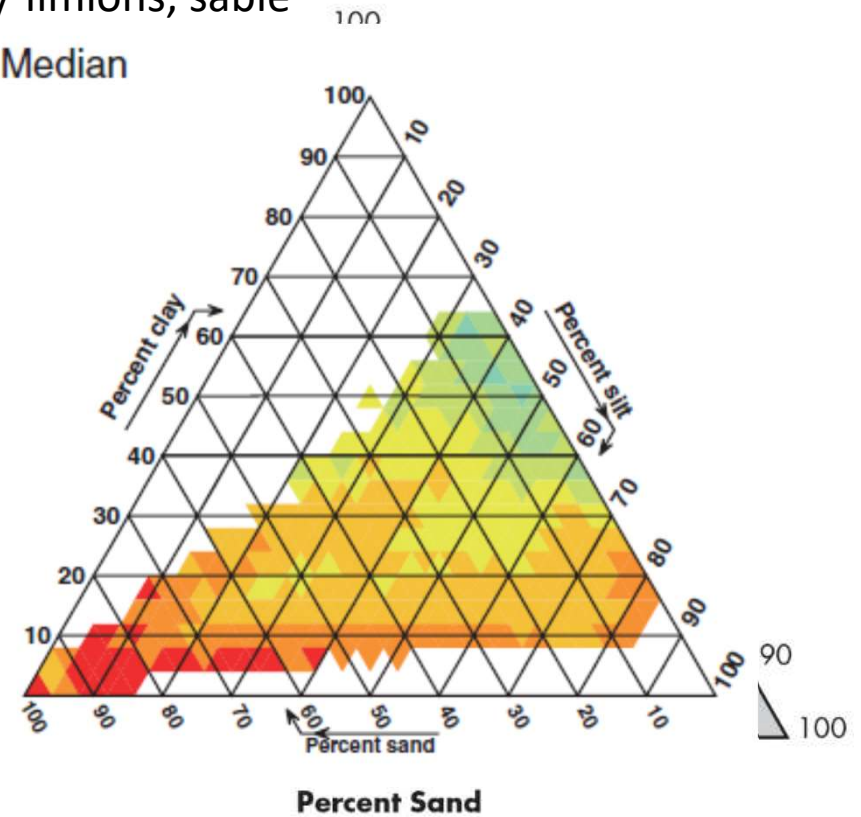


C stock dépend de la texture du sol

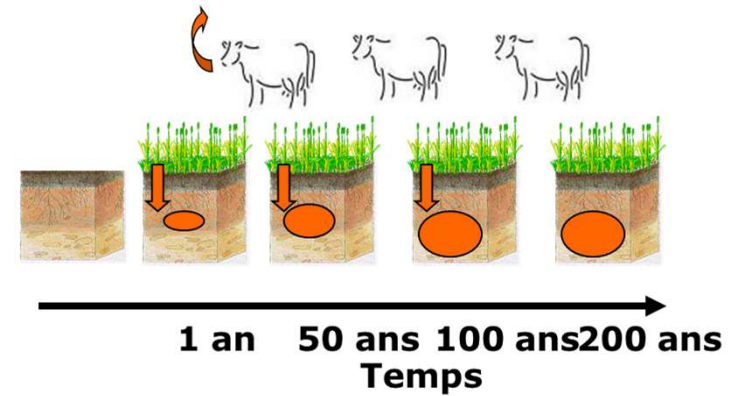
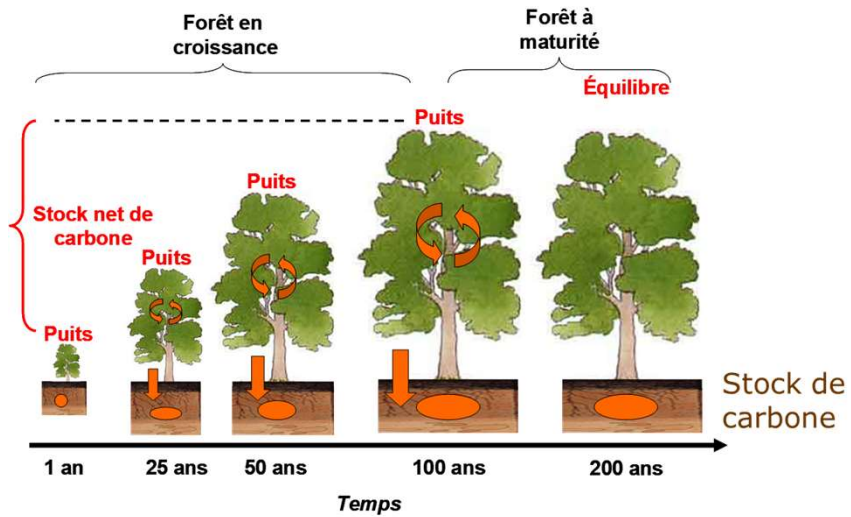


argile,/ limions, sable

Median

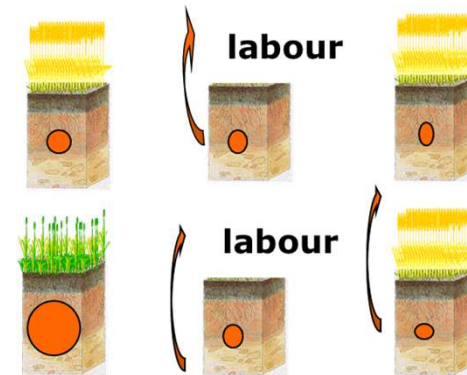


C stock dépend de l'utilisation de terra

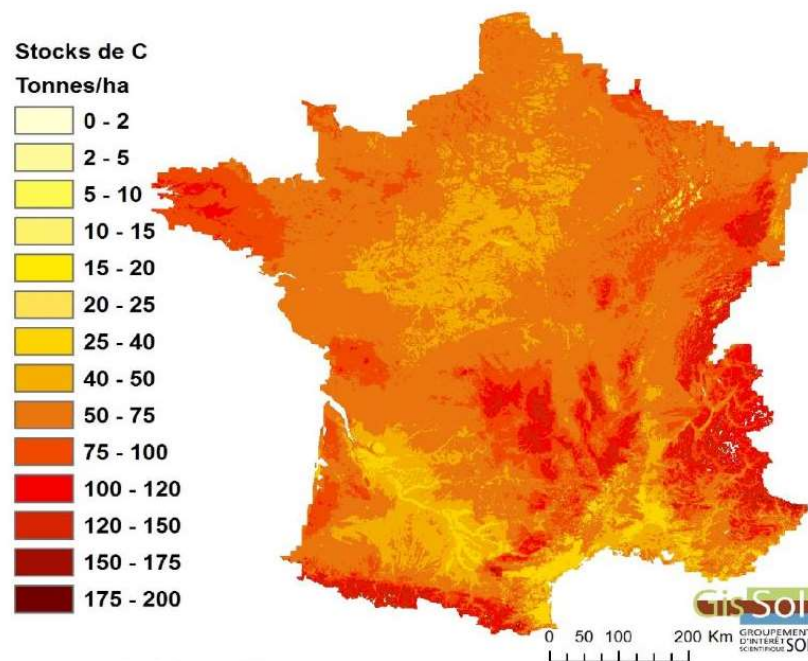
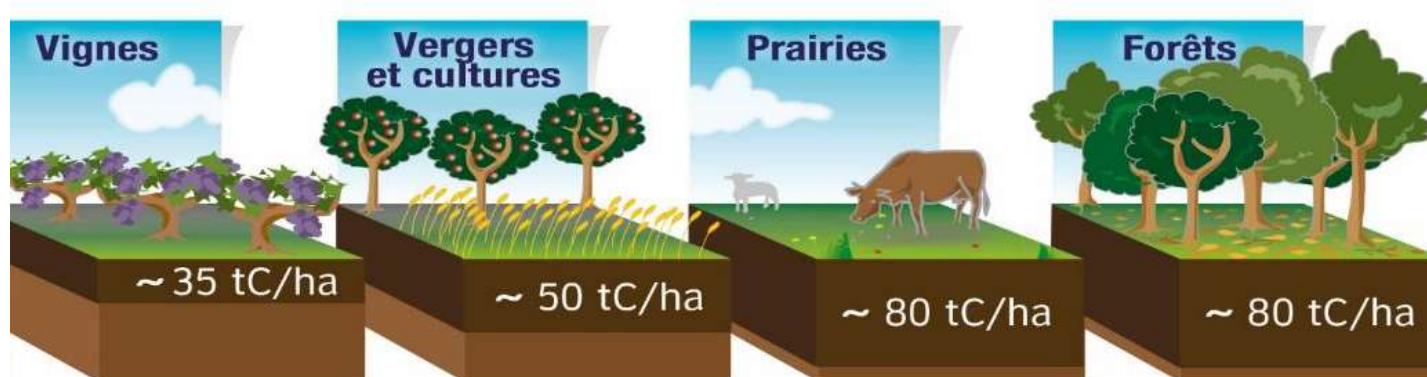


Forêt et Prairies = puits de carbone...

Les grandes cultures = source
faible/ forte de carbone



Le stock de carbone moyenne selon le usage historique du sol

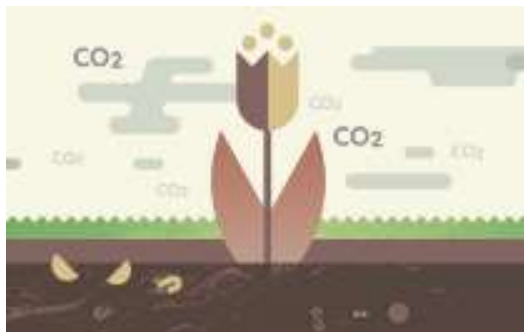
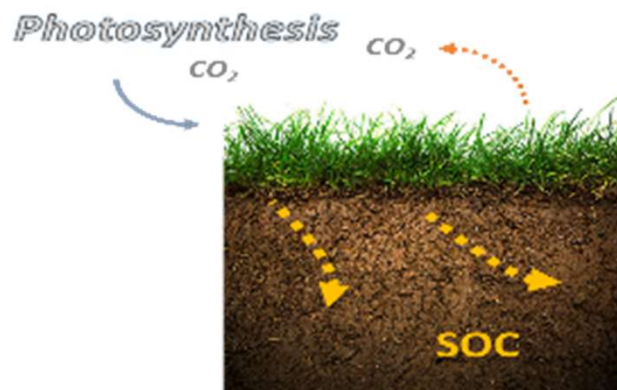


Source: Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017.

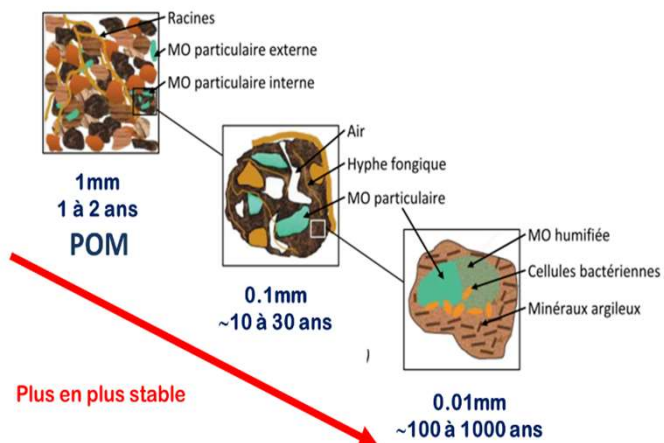
A black and white photograph showing a cross-section of soil. At the top, there is a layer of dry, tangled plant roots and some grass. Below this, the soil is dark and appears to be a loam or clay type, with some visible cracks and small clumps. A single, long, thin plant root extends diagonally from the top right towards the bottom center of the frame. The text 'Mécanismes impactant la dynamique du C des sols' is overlaid in yellow, bold, sans-serif font in the upper left quadrant of the image.

Mécanismes impactant la dynamique du C des sols

• Cycle long du carbone organique



Chaque année, 30% de ce dioxyde de carbone (CO_2) est absorbé par les plantes grâce au processus de **photosynthèse**.




Jones & Donnelly 2004



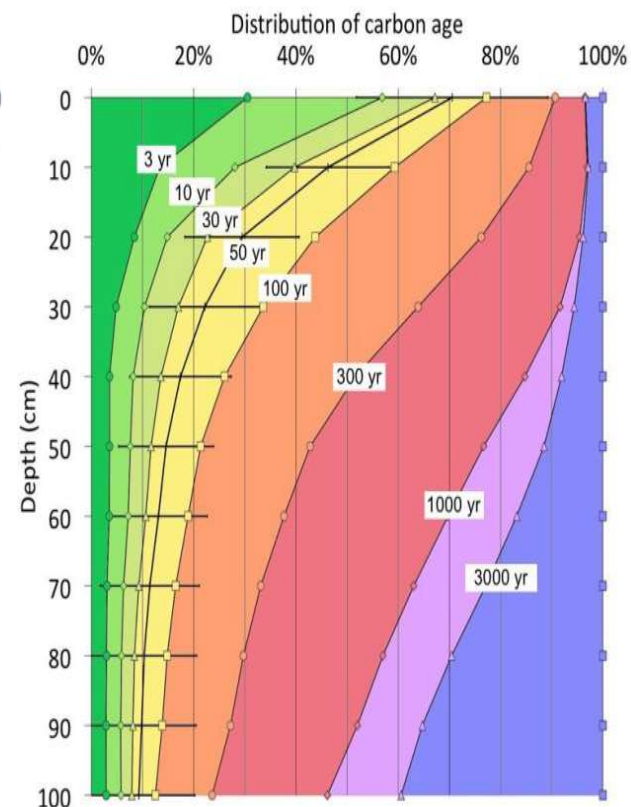
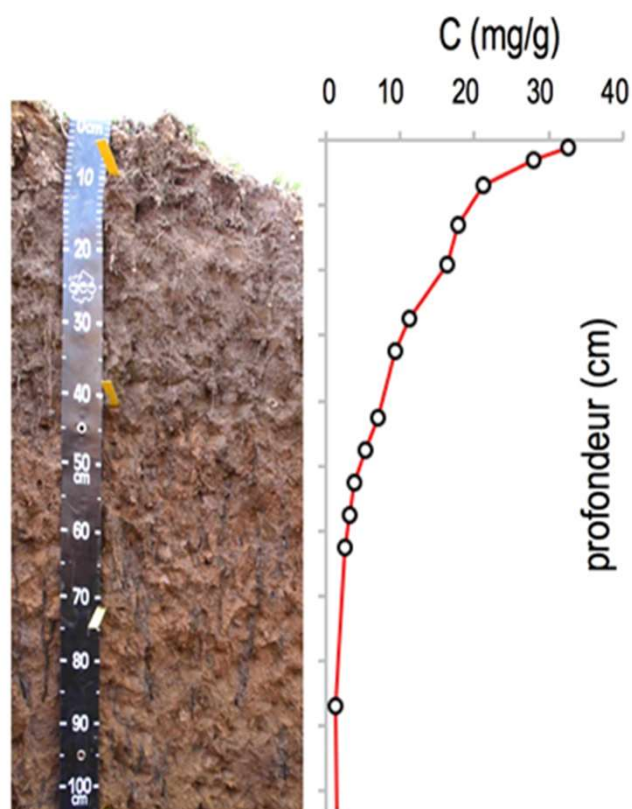
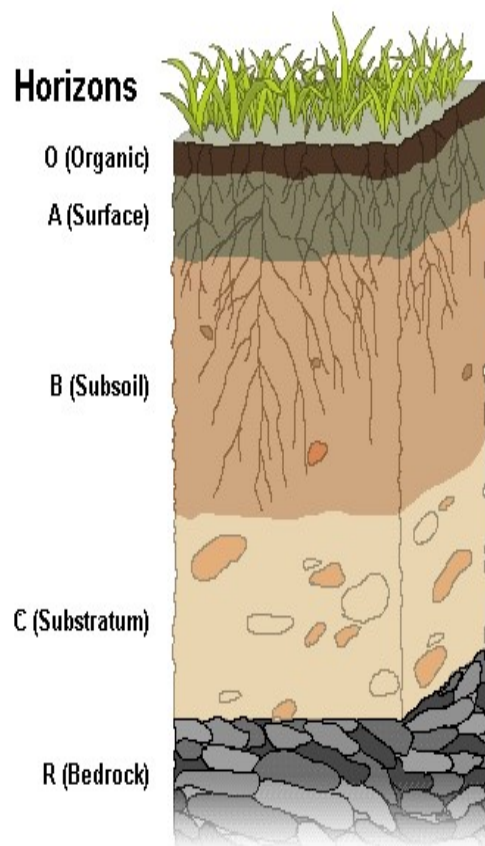
Ensuite, lorsque les plantes meurent et les organismes vivants du sol, tels que les bactéries, les champignons ou les vers de terre, les transforment et décomposent, en **matière organique du sol**.

.....constitution de l'humus et du stock de C organique du sol


A black and white photograph showing a cross-section of soil. At the top, there is a layer of dry, tangled plant matter, possibly grass or straw. Below this, the soil is dark and appears moist. Several plant roots are visible, extending from the surface layer down into the soil. The roots are thin and light-colored, contrasting with the dark soil. The overall texture of the soil is crumbly and uneven.

**Combien du temps le
carbone organique reste-
t-il dans le sol,
notamment dans
horizons profonds?**

La distribution verticale du carbone organique de ce sol distribution courante des âges du carbone



(Balesdent *et al.* (2018)).

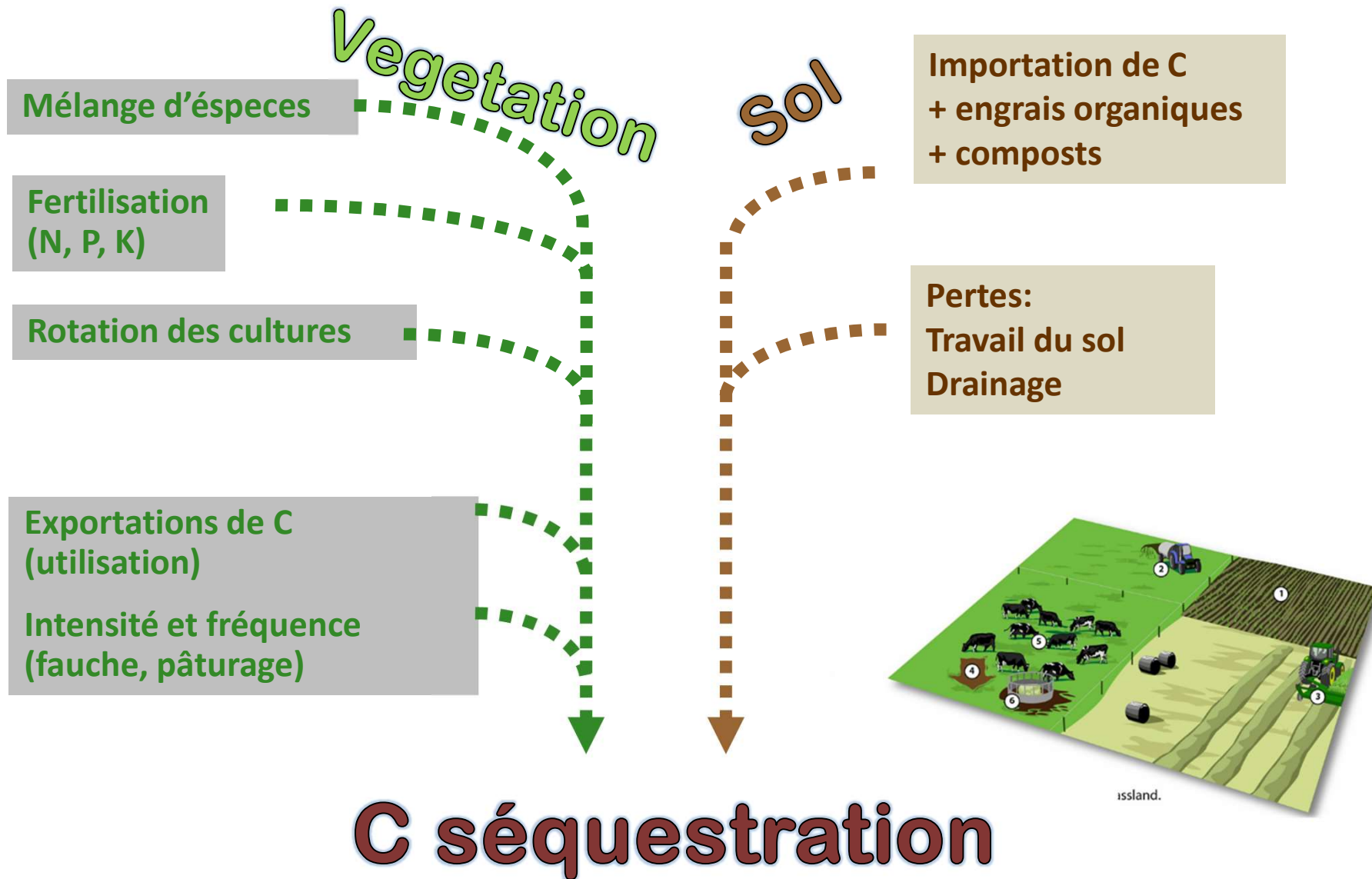
A black and white photograph showing a cross-section of soil. The top layer consists of dry straw and plant matter. Below this, the soil is dark and textured, with several plant roots extending downwards. The text is overlaid on the left side of the image.

**Quels sont de facteurs et
modes de gestion qui
favorisent le stockage du
carbone ?**

Formation de stock du carbone à long terme



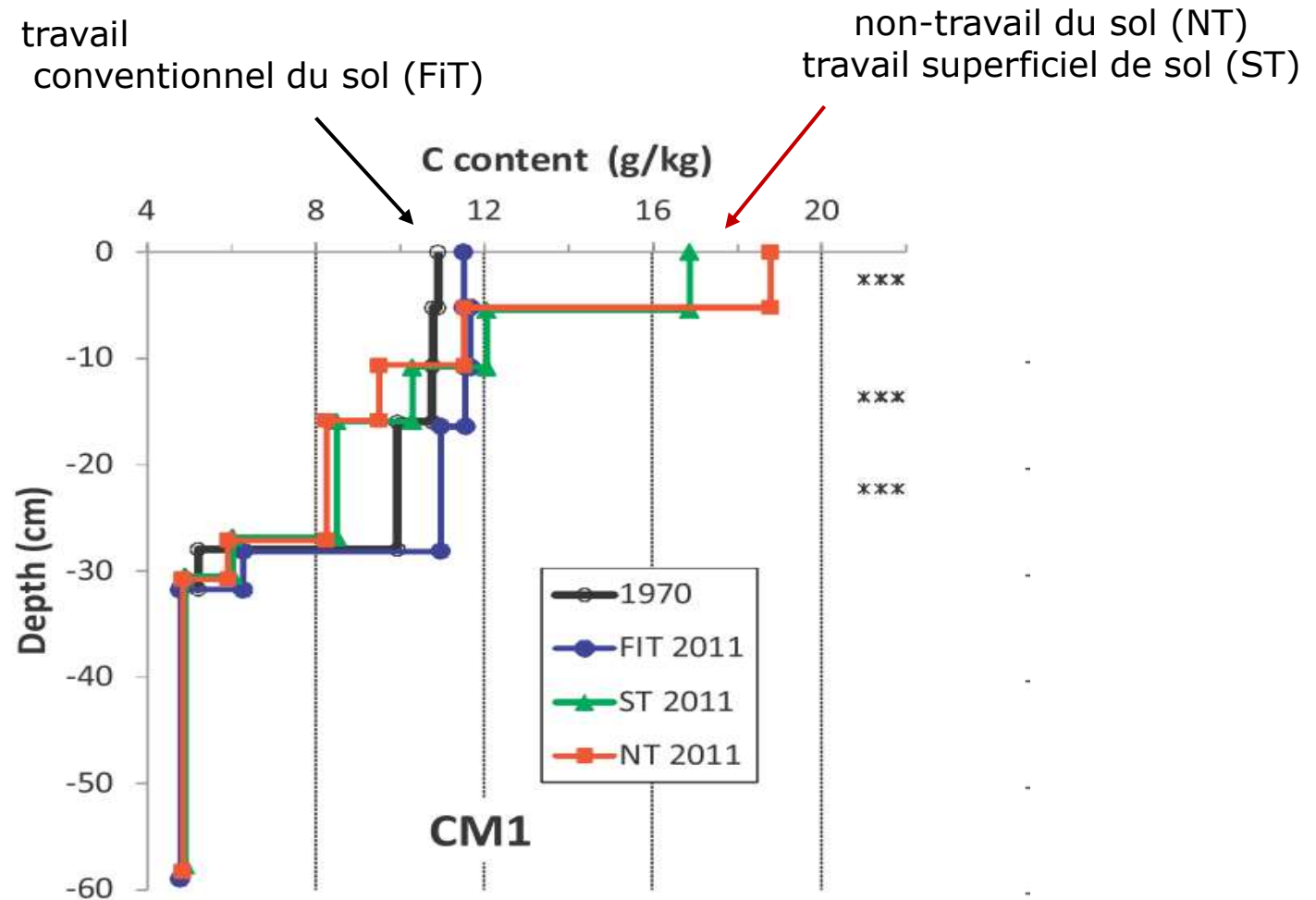
Effet de la gestion



Travail du sol



Gestion affectant la séquestration du carbone - (Non-) Travail du sol



Séquestration C

Dimassi et al 2014 Luo et al. 2010 AGEE
Meta analyses (69 sites)

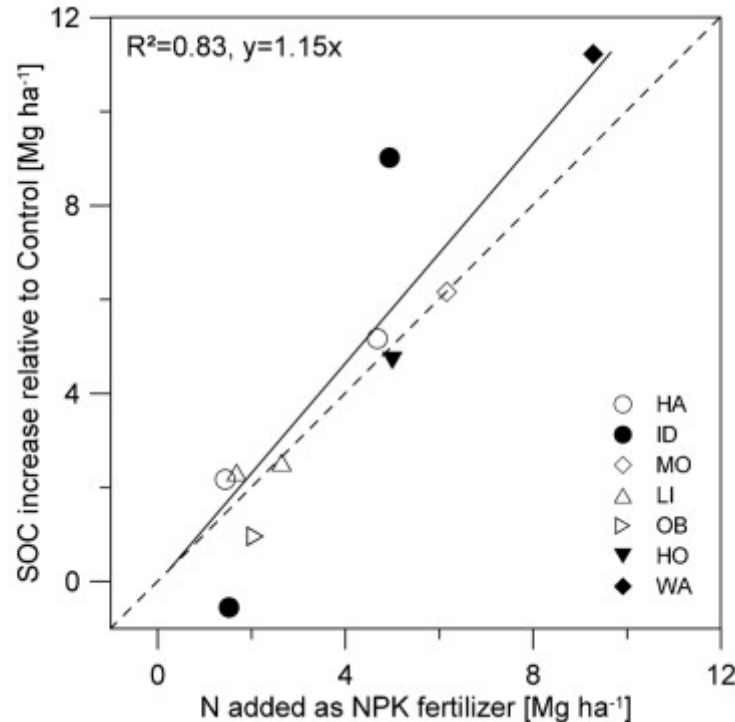
Fertilisation



- Séquestration de carbone liée à la fertilisation NPK

Par engrais ajouté

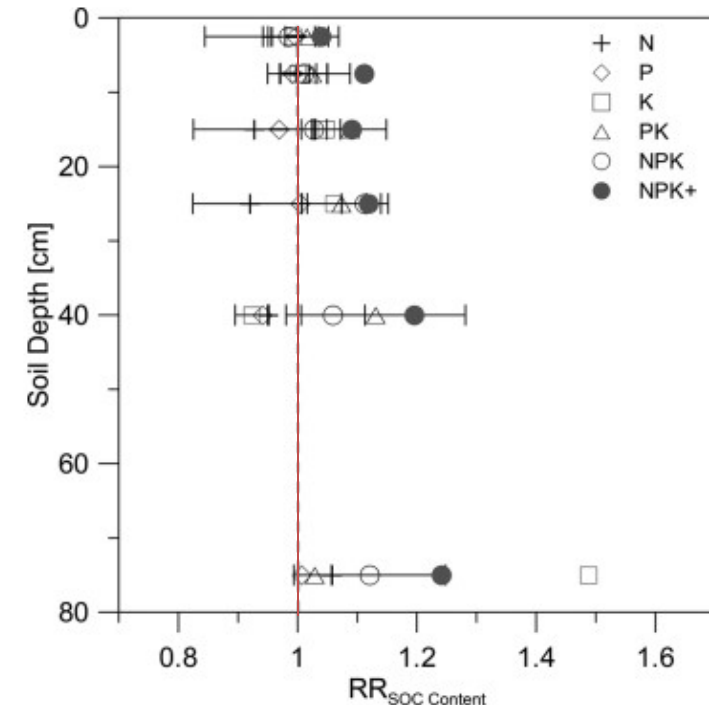
Séquestration C



(Pöpleau *et al.* 2018. AGEE)

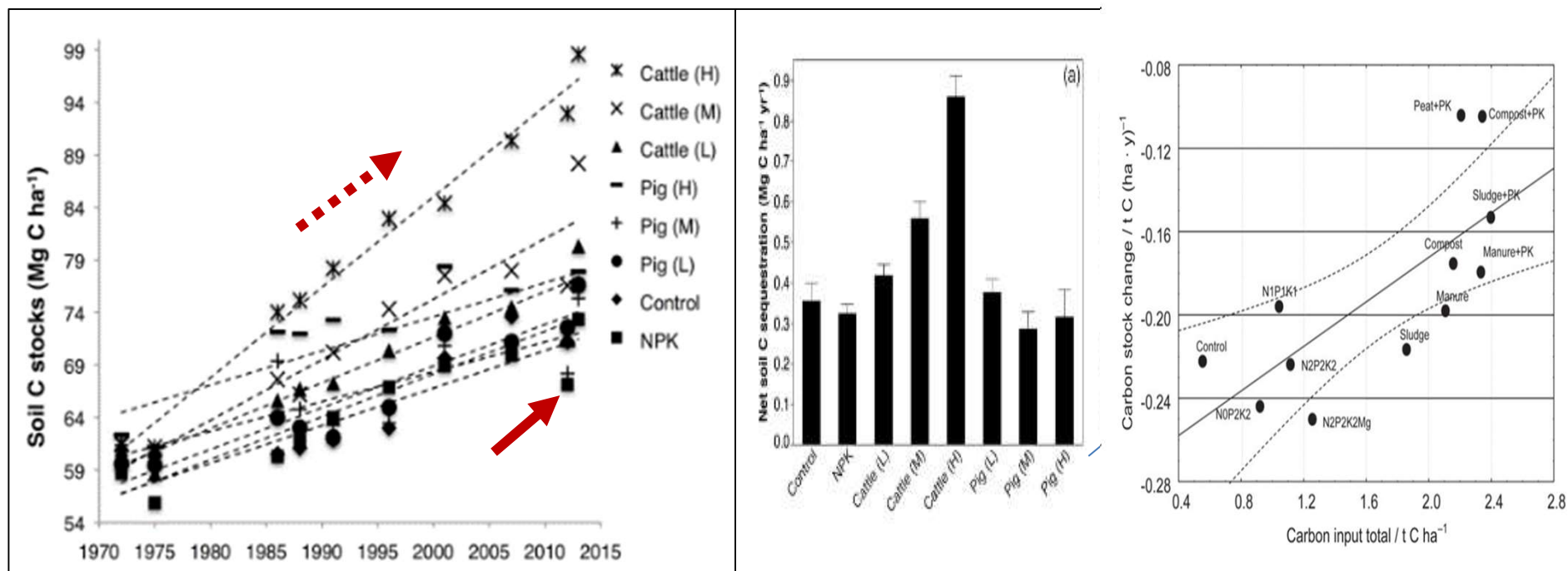
- L'ajout de N augmente la séquestration du C,
- **1,15 kg de N** était nécessaire pour séquestrer 1 kg de SOC.

Avec profondeur du sol



- L'ajout de N augmente la séquestration du carbone également dans les couches plus profondes du sol.

La séquestration du carbone est liée à la fertilisation organique



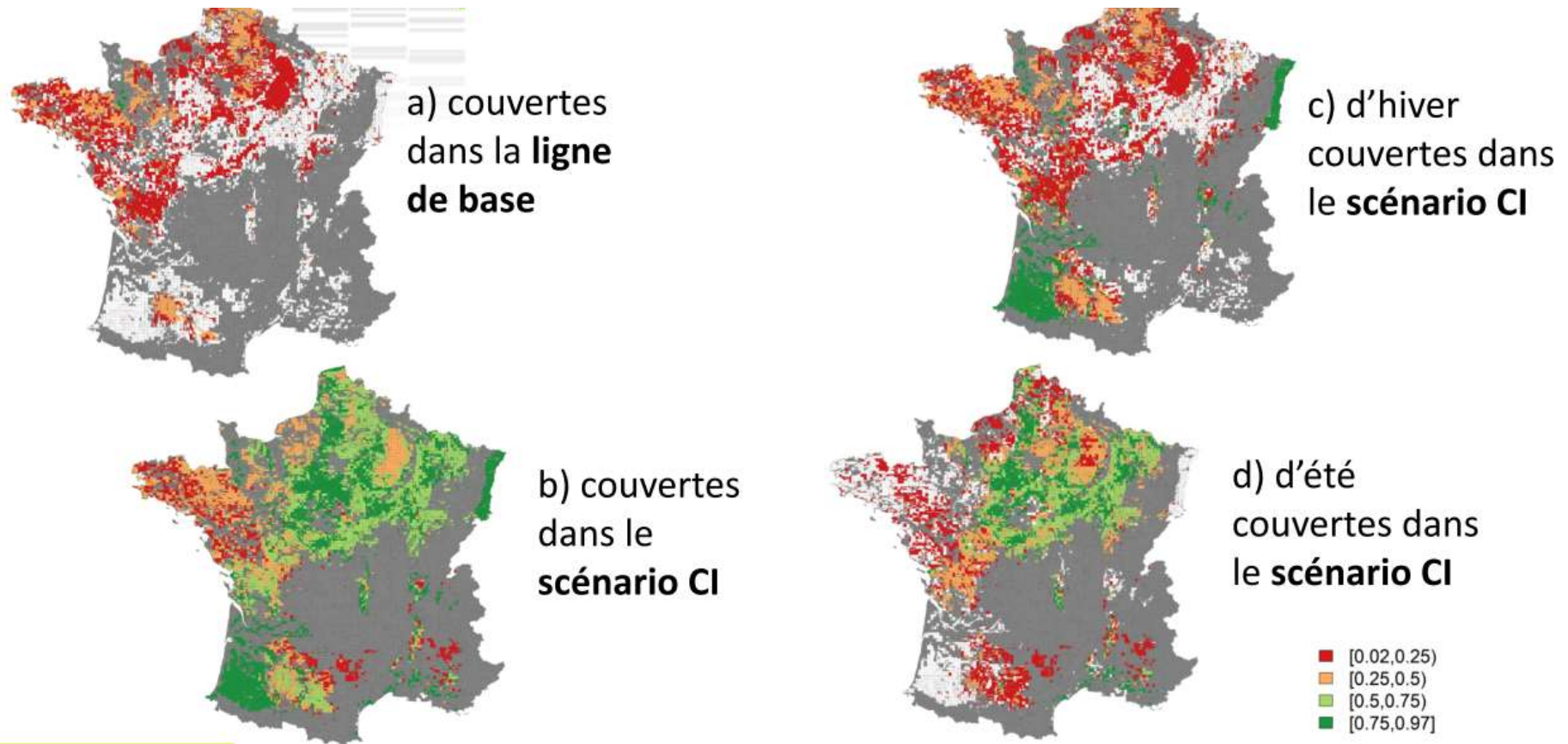
- Les lisiers de bovins offrent des **taux de séquestration de C plus élevés** que les lisiers de NPK et de porcs.
- **Les engrais minéraux** ont également un potentiel de séquestration du carbone, mais il faut tenir compte des émissions de N₂O dues à la fabrication des engrais.

Cultures intermédiaires



"Insertion et allongement des cultures intermédiaires"

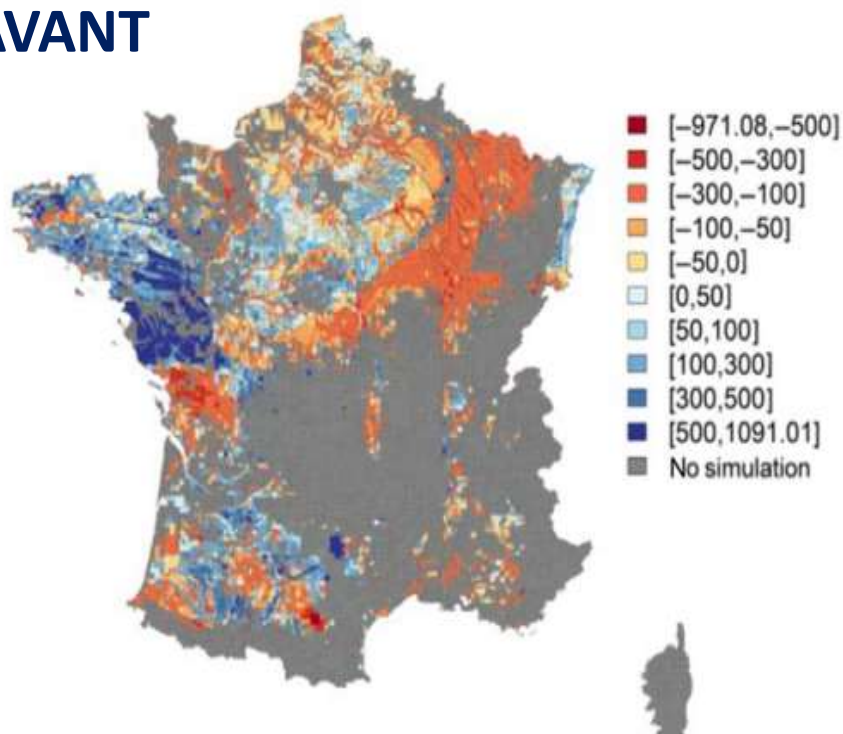
Taux de cultures intermédiaires dans la rotation



"Insertion et allongement des cultures intermédiaires"

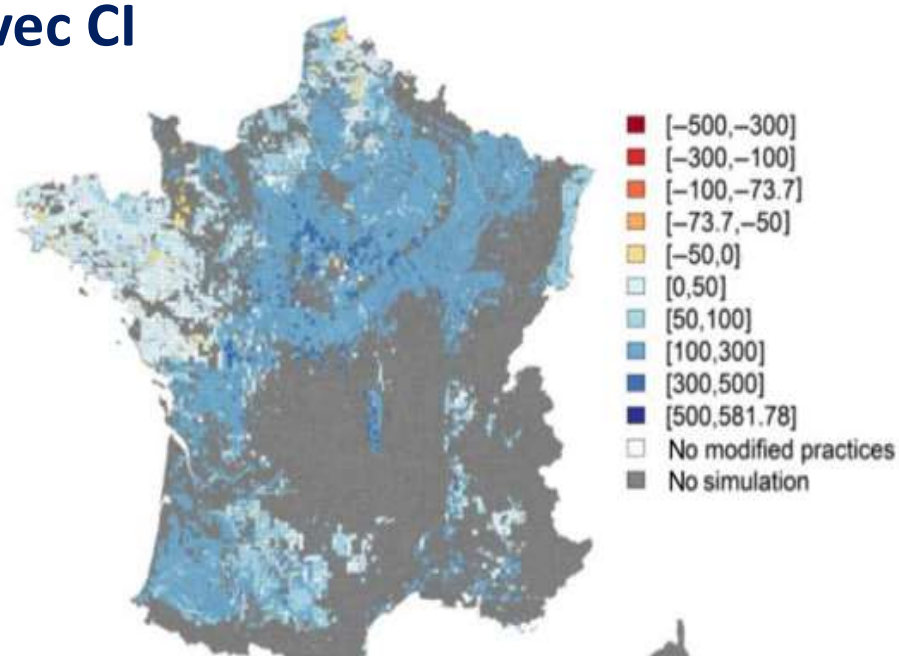
Stockage additionnel absolu (kgC/ha/an) sur 0-30 cm avec le scénario

AVANT



Cultures:
-59 (± 160) kg C ha⁻¹yr⁻¹

Avec CI



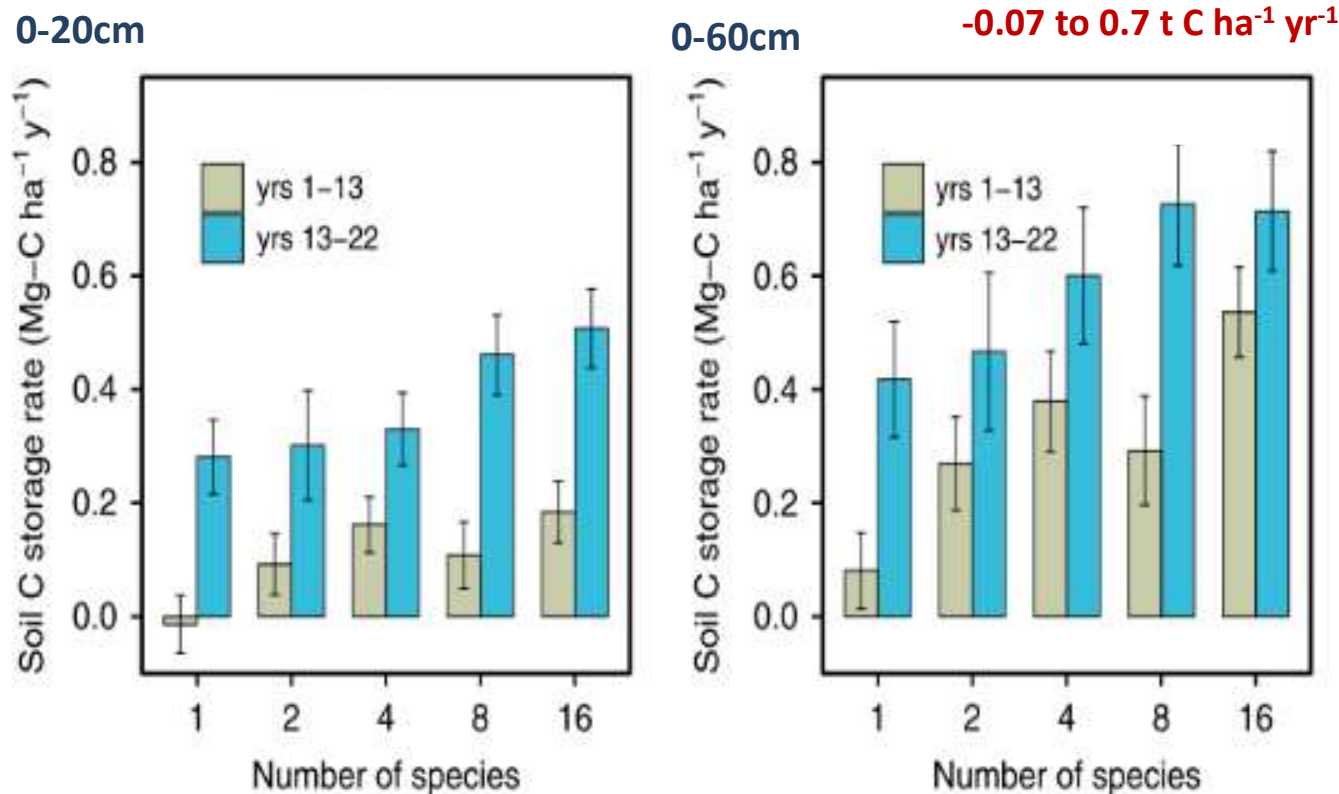
Avec Ci
+126 kg C ha⁻¹yr⁻¹

Mélange d'espèces et insertion des prairies dans la rotation



Mélange d'espèces, effets de la biodiversité végétale sur la séquestration du carbone

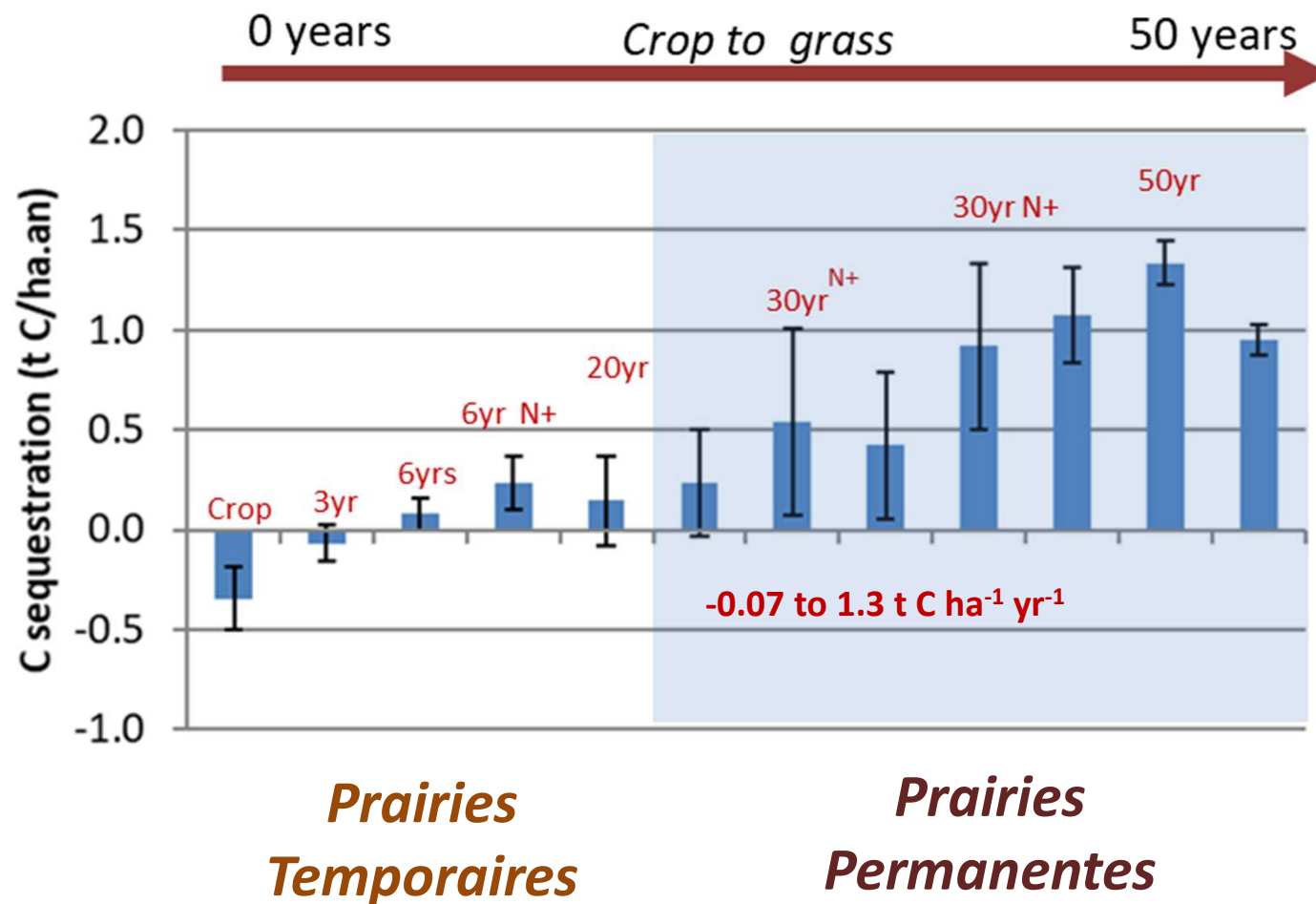
Séquestration C



La séquestration du carbone augmente avec la diversité de la végétation pour les jeunes et les vieux pâturages.

Insertion des Prairies dans la rotation

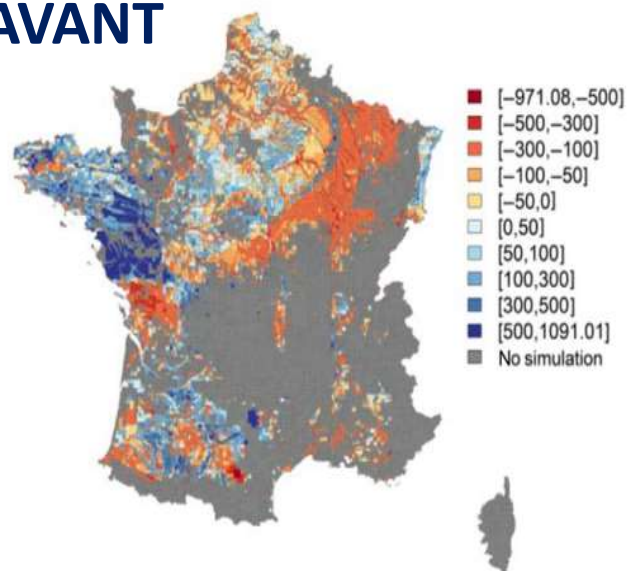
Séquestration C



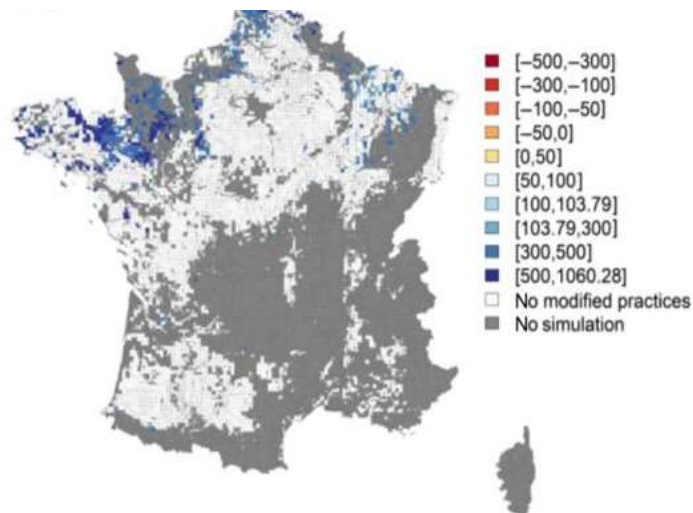
Insertion des Prairies dans la rotation

Stockage additionnel absolu (kgC/ha/an) sur 0-30 cm avec le scénario

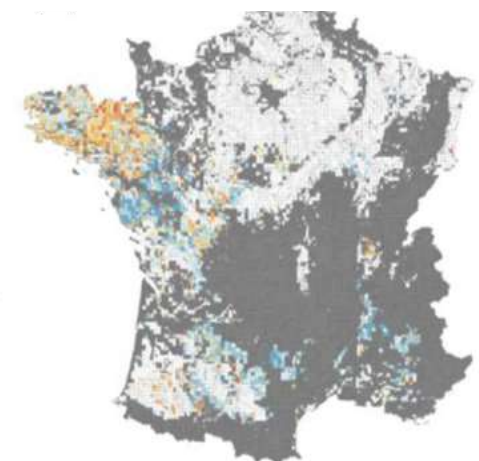
AVANT



**PT en rotation de
Maize**



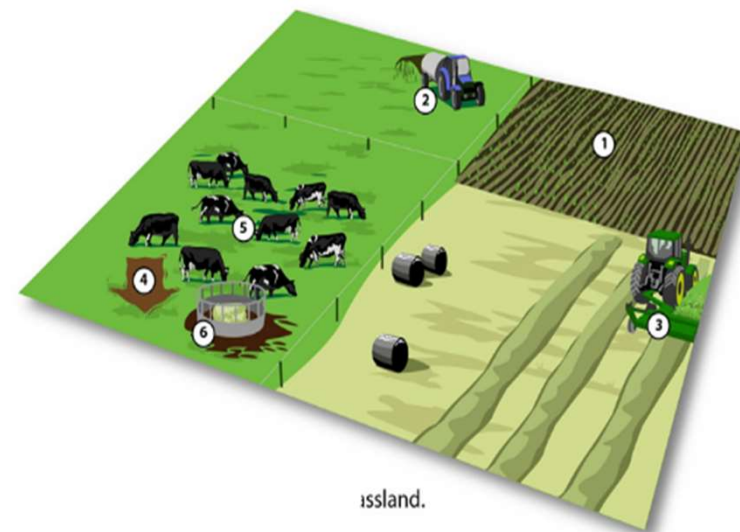
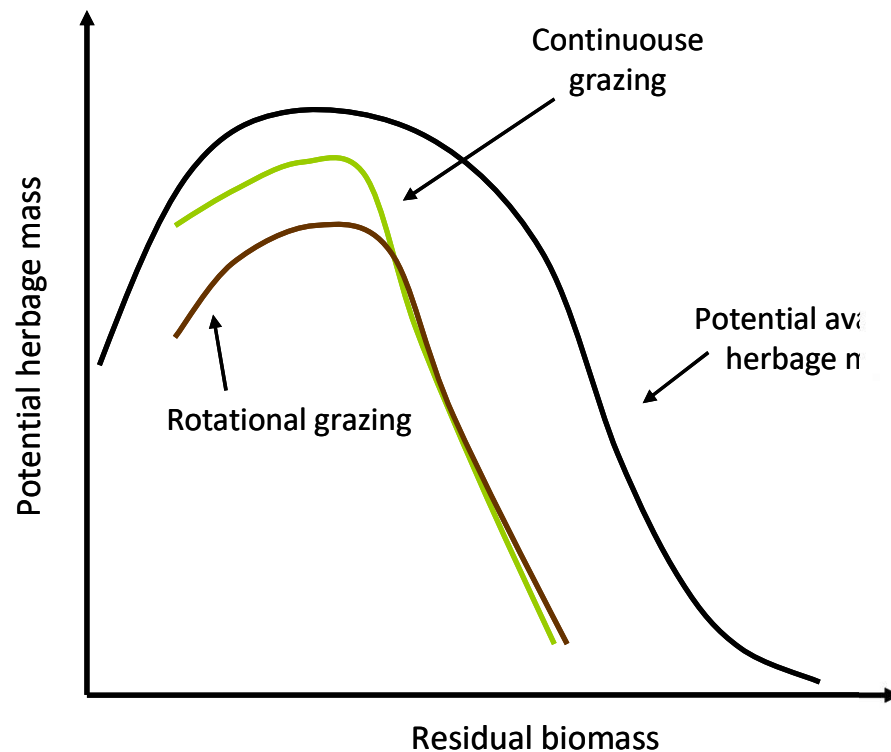
Durée vie des PT



Cultures:
-59 (± 160) kg C ha⁻¹yr⁻¹

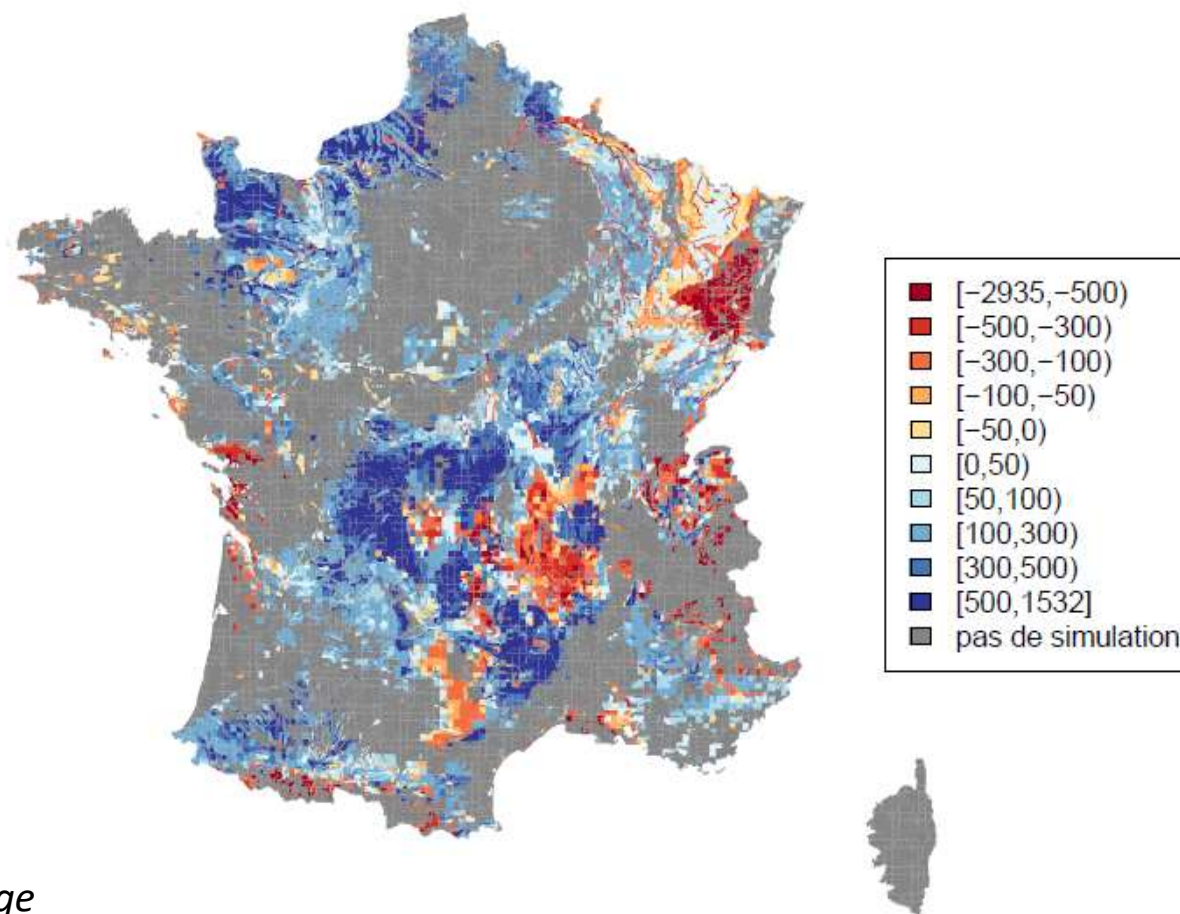
Insertion PT **+466 (± 299) kg C ha⁻¹yr⁻¹**
durée de vie PT **+ 28 (± 279) kg C ha⁻¹yr⁻¹**

Gestion et Intensité d'utilisation des Prairies



After Parsons A, Rowarth J, Thornley J and Newton P: Primary Production
of Grasslands, Herbage Accumulation and Use

- Prairies permanentes stockage potentiel de C (0-30cm)



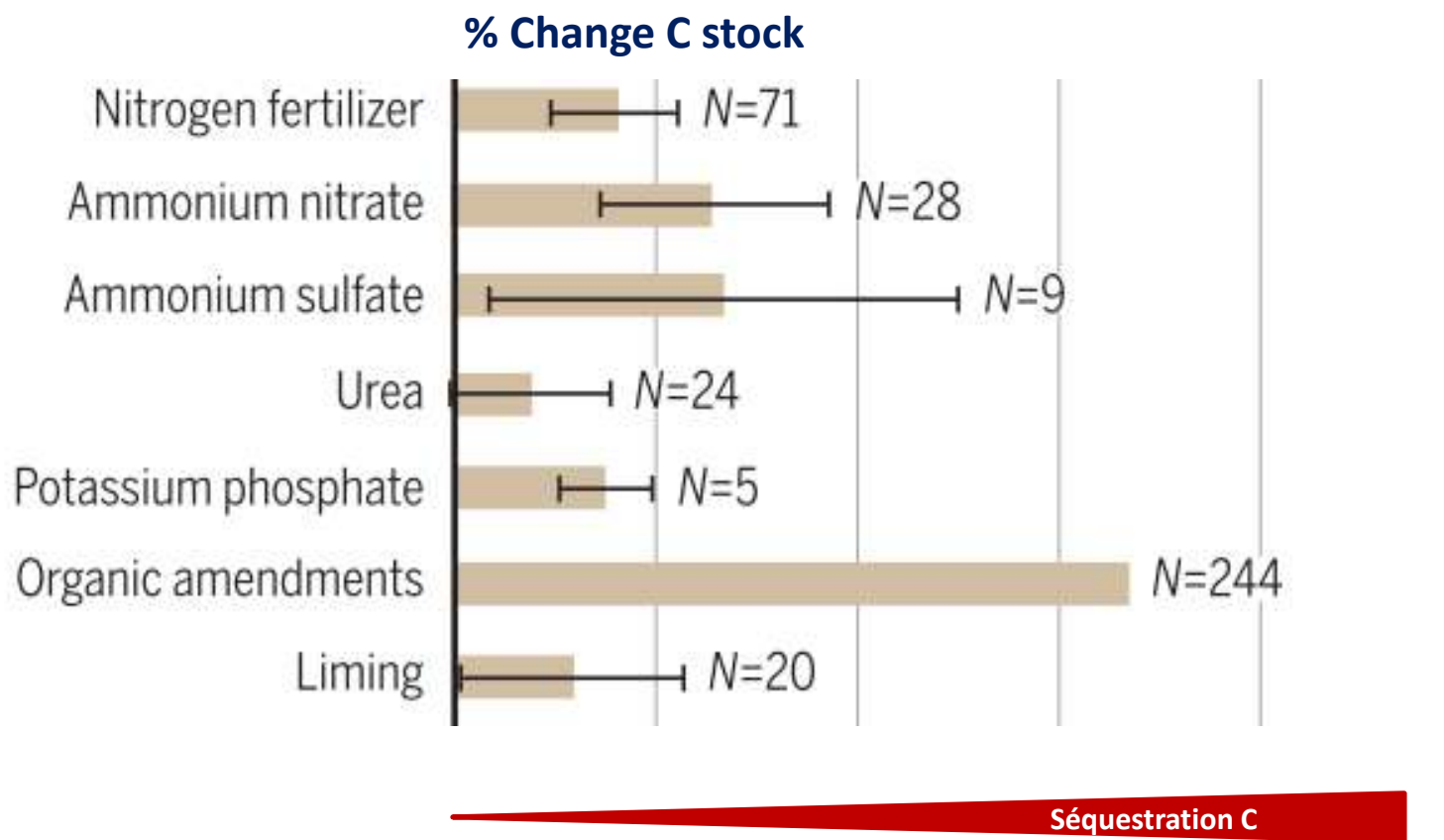
Potentiel de stockage
(kgC/ha/an)

La plupart des prairies stockent du C

+212 (± 524) kg C ha⁻¹yr⁻¹

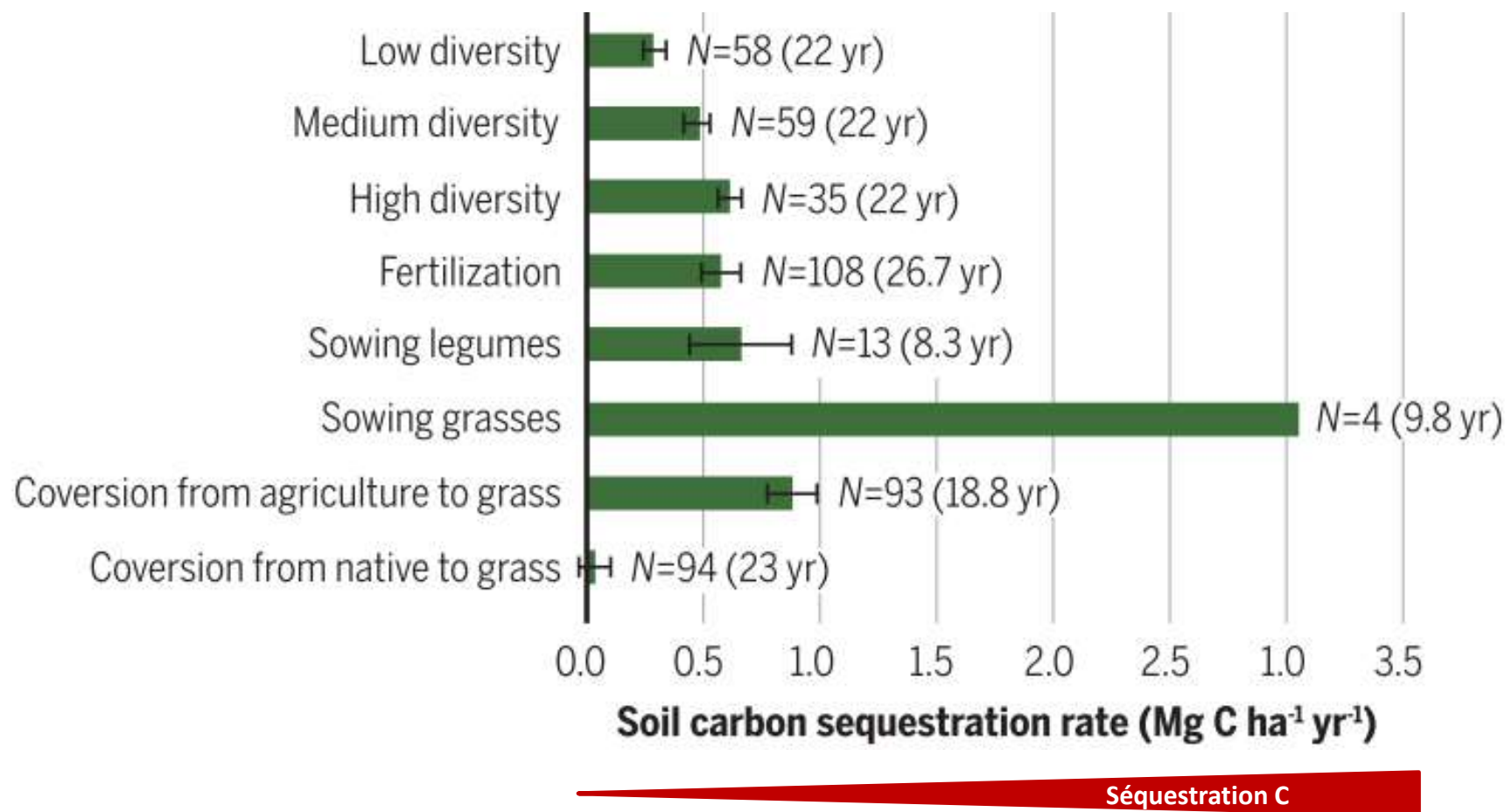
Effet positif de la gestion des prairies :

- Fertilisation

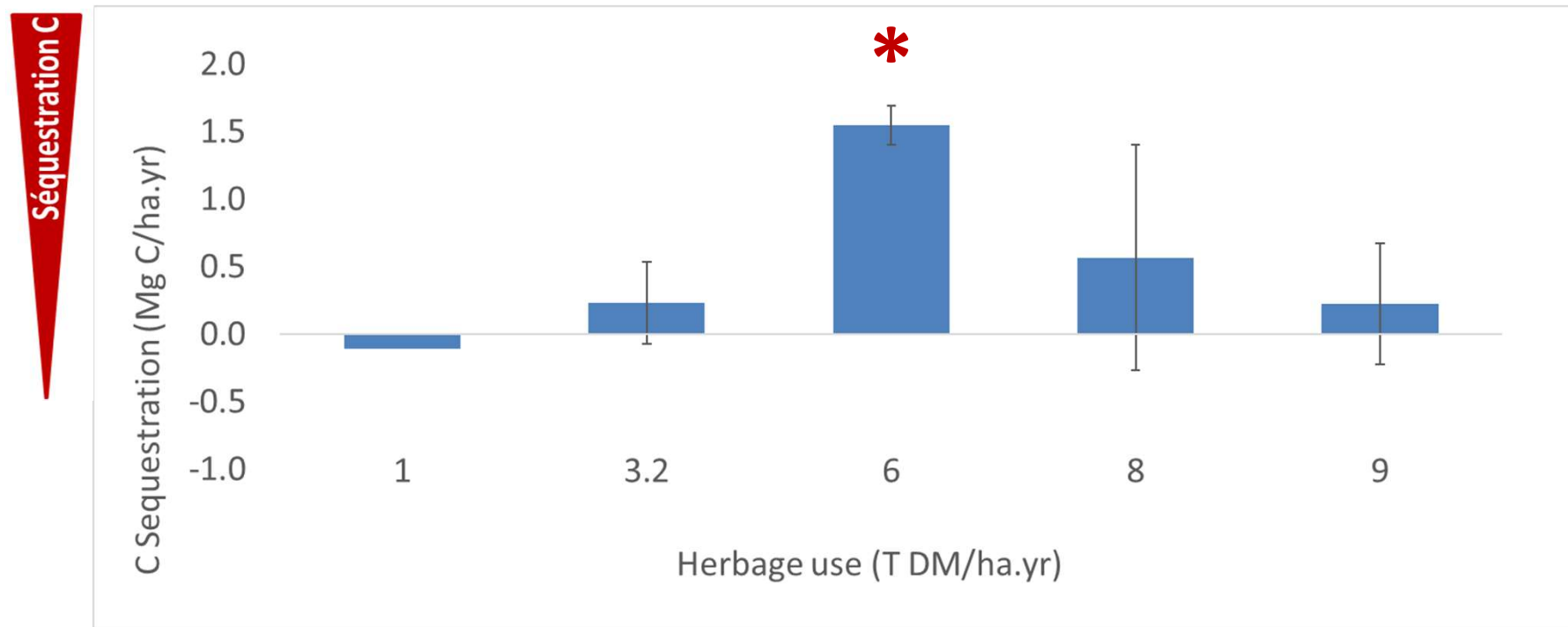


Effet positif de la gestion des prairies :

- Fertilisation
- Diversité des espèces



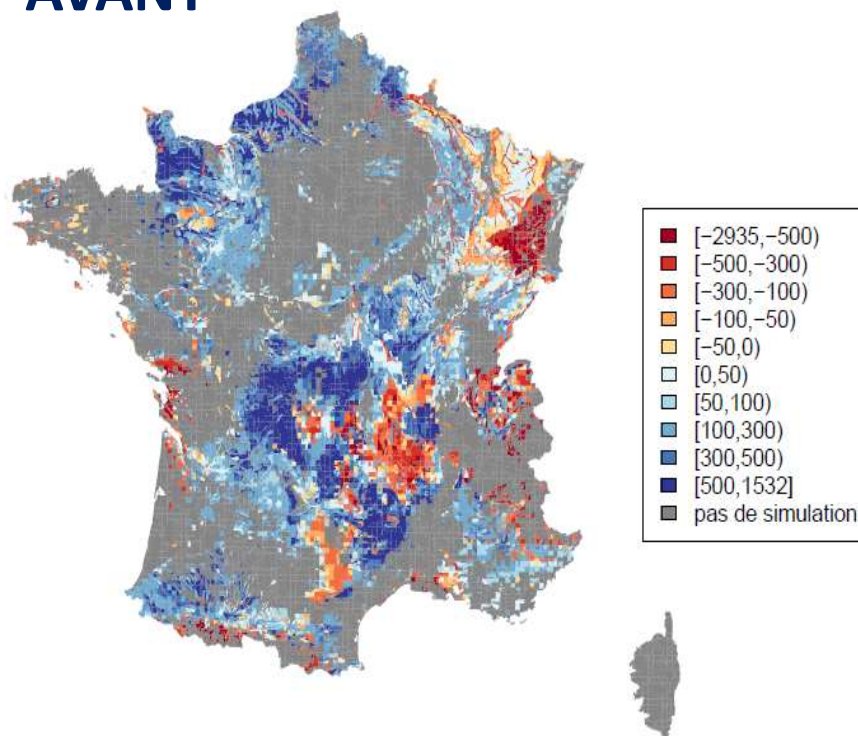
Intensité de la fauche et de l'ensilage



- La séquestration de carbone augmente jusqu'à un point critique (seuil) et décline ensuite.

Améliorer la gestion des prairies

AVANT



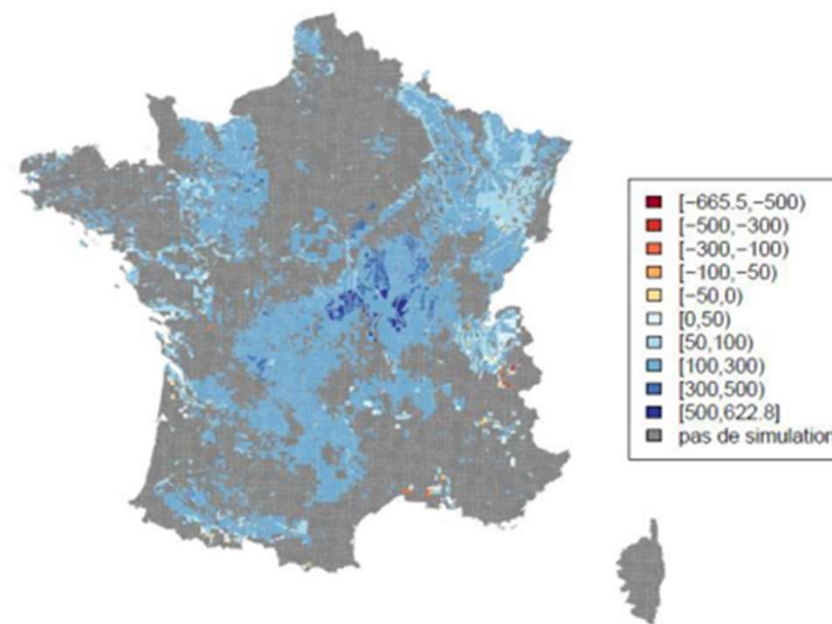
PP

+212 (± 524) kg C ha⁻¹yr⁻¹

INRAE

INRA EsCo 2019 : 4p1000

- Fertilisation (50kgN) des prairies peu productives



Stockage additional

+213 kg C ha⁻¹ yr⁻¹

INRA EsCo 2019 : 4p1000

Le stockage de C pour répondre aux enjeux climatiques – les pratiques agricole

	Stockage additionnel par ha d'assiette Horizon 0-30 cm (kgC/ha/an)	Assiette (Mha)	Stockage additionnel France entière Horizon 0-30 cm (MtC/an)	Stockage additionnel, rapporté au stock du mode d'occupation du sol correspondant (‰ /an)
En grandes cultures et prairies temporaires				
Extension des cultures intermédiaires	+126	16,03	+2,019	
Semis direct	+60	11,29	+0,677	
Nouvelles ressources organiques	+61	4,21	+0,257	
Insertion et allongement de prairies temporaires	+114	6,63	+0,756	
Agroforesterie intraparcellaire	+207	5,33	+1,102	
Haies	+17	8,83	+0,150	
Total grandes cultures			+4,960 (86%)	+5,2
En prairie permanente				
Intensification modérée	+176	3,94	+0,694	
Remplacement fauche-pâture	+265	0,09	+0,023	
Total prairies permanentes			+0,720 (12%)	+0,9
En vignoble				
Enherbement	+182	0,56	+0,103	
Total vignoble			+0,100 (2%)	+3,7

Le stockage de C pour répondre aux enjeux climatiques – les pratiques agricole

	Coût technique unitaire (€/ha/an)	Assiette maximale technique (Mha)	Coût total (M€/an)	Horizon 0-30 cm	Ensemble du profil de sol	
				Coût de stockage de la tonne de C (€/tC)	Coût de stockage de la tonne de C (€/tC)	de la tonne de CO ₂ (€/tCO _{2e})
Extension des cultures intermédiaires	39	16,03	619	307	180	49
(Semis direct)	13	11,29	142	210		
Nouvelles ressources organiques	-52	4,21	-217	-846	-494	-135
Insertion et allongement des prairies temporaires	91	6,63	602	796	473	129
Agroforesterie intraparcellaire	118	5,33	628	570	302	82
Haies	73	8,83	645	4 380	2 322	633
Intensification modérée des prairies permanentes	28	3,94	109	157	130	35
Remplacement fauche-pâture en prairies permanentes	73	0,09	6	277	203	55
Enherbement des inter-rangs (vignobles) permanent	-26	0,15	-4	-106	-56	-15
hivernal	-15	0,41	-6	-96	-51	-14

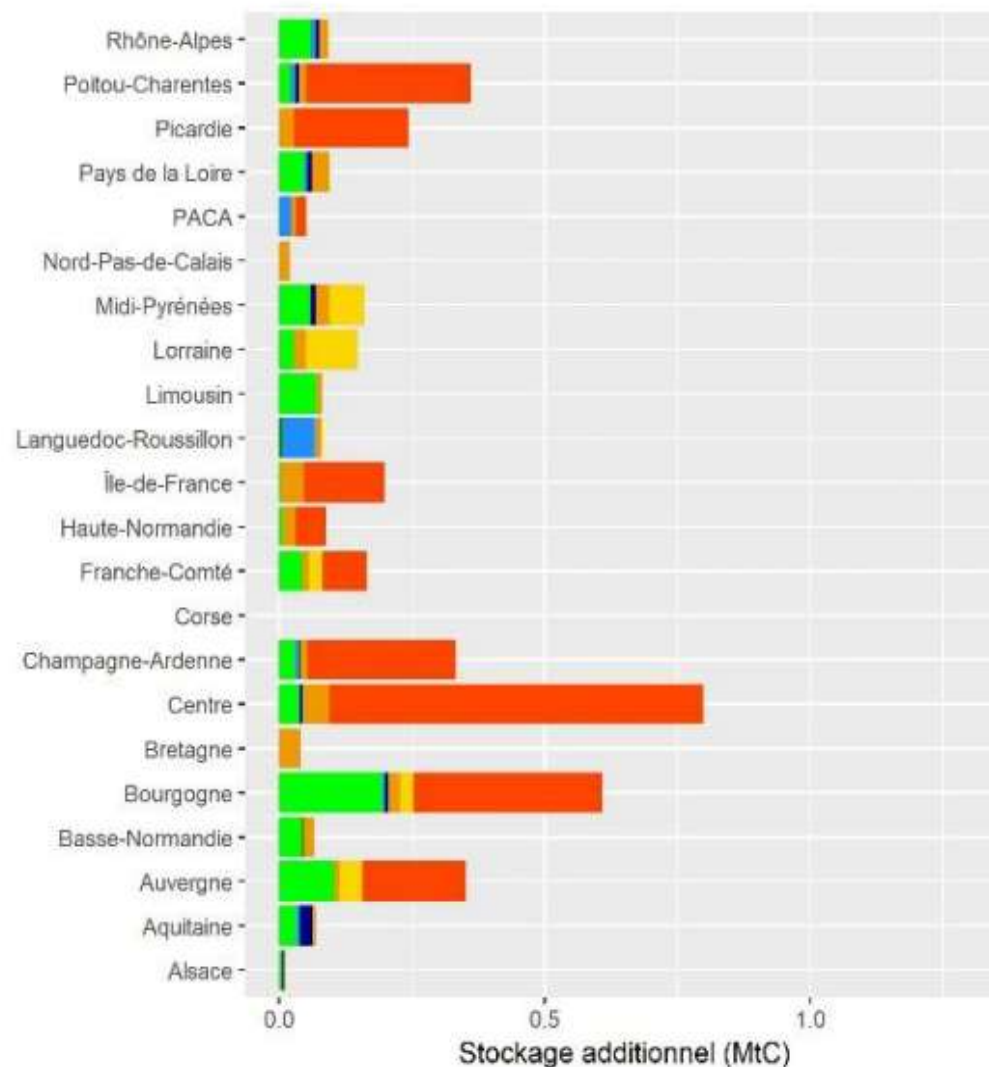
Cout unitaire

Cout
Euro/t CO2e

Contribution des régions au stockage additionnel, et détail par pratique,

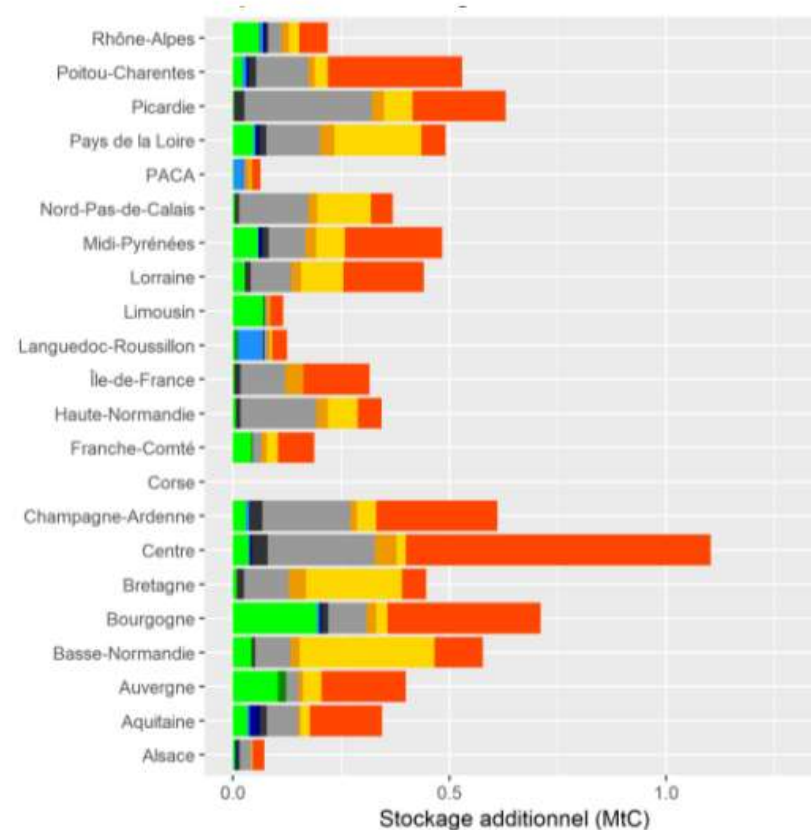
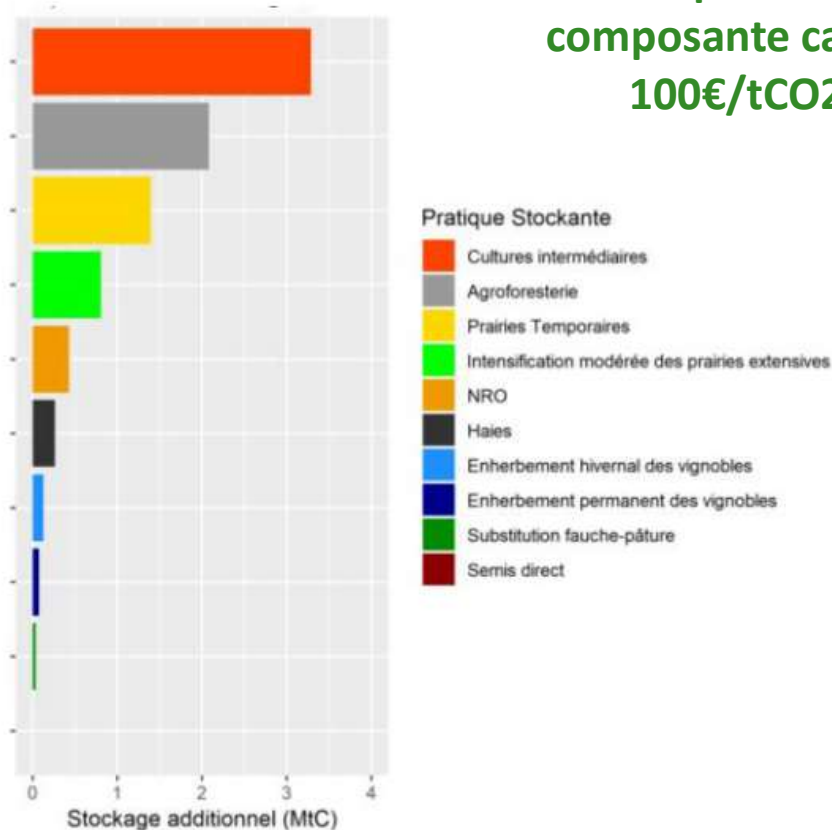
au prix de la
composante carbone
55€/tCO₂e

Pratique Stockante



Contribution des régions au stockage additionnel et détail par pratique

au prix de la
composante carbone
100€/tCO₂ e



- Des nombreuses pratiques agricoles permettant de lutter contre les changements climatiques.

A retenir

- Il est importante de préserver les stock de C du sol existante et augmenter le stockage de la ou le stock de C sont faible ou dégradées
- Le retournement de prairie et cultures conduit à une perte importante et rapide de la matière organique du sol.
- Une réduction des fréquences de retournement, évite ainsi un déstockage du C du sol.
- Une exploitation les prairies se comportent comme des puits de carbone
En moyenne => $0.2 \pm 0.5 \text{ Tg C/ha.an}$
- Une exploitation « modérée » (fauche ou pâturage) accroît le stockage du carbone, suite à la stimulation de la production végétale et un prélèvement moindre.
- En gestion « intensive », les exportations importantes de C (biomasse) réduisent les apports organiques dans sol (stockage du C).
- En mode « modéré » , le stockage de C dans le sol compense les autre émissions associées à l' élevage (N_2O , CH_4) (bilan GES 0.4 Tg C/ha.an).
 - Des nombreuse pratiques agricoles permettant de lutter contre les changements climatiques.
- Parmi ces pratiques, l'AB peut potentiellement être identifiée comme un des leviers possibles

A black and white photograph showing a cross-section of soil. A plant root is visible, extending from the top right towards the bottom center. The soil surface is cracked and textured. The word "MERCI" is overlaid in large, bold, yellow capital letters in the center-left area.

MERCI

4p1000: C STORAGE IN FRENCH SOILS

'EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE (ESCo)

JULY 2019



STOCKER DU CARBONE DANS LES SOLS FRANÇAIS

QUEL POTENTIEL AU REGARD DE L'OBJECTIF 4 POUR 1000 ET À QUEL COÛT ?

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE - JUILLET 2019

RÉALISÉE POUR L'ADEME ET LE MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION

