

0944

# Sols et services écosystémiques: rôle clé de la matière organique



Sabine HOUOT, INRAE, UMR ECOSYS, Palaiseau

# ➤ Diversité des sols

## NÉOLUVISOLS

Ensemble des SOLS ÉVOLUÉS

■ Représentent 6,5 % du territoire métropolitain ■

Les néoluvisols sont des sols proches des luvisols (cf. LUVISOLS) mais dont les processus de lessivage vertical (entraînement en profondeur) d'argile et de fer essentiellement sont moins marqués.



Exemple d'un néoluvisol sur micaschistes observé à Mendac (Morbihan)

## CALCOSOLS

Ensemble des SOLS ISSUS DE MATÉRIAUX CALCAIRES

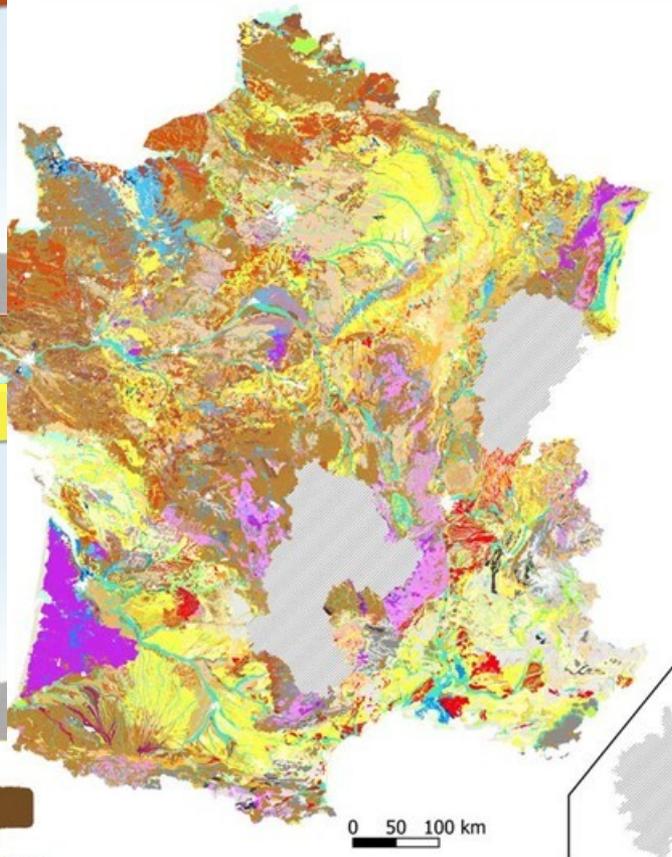
● Représentent 10,8 % du territoire métropolitain ●

Les calcosols sont des sols moyennement épais à épais (plus de 35 cm d'épaisseur), développés à partir de matériaux calcaires. Ils sont riches en carbonates de calcium sur toute leur épaisseur, leur pH est donc basique, ils sont fréquemment argileux, plus ou moins caillouteux, plus ou moins séchants, souvent très perméables. Ils se différencient des calcisols par leur richesse en carbonates.

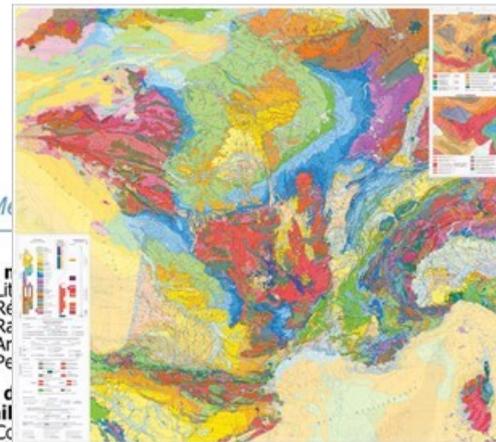


Exemple d'un calcosol sur craie observé à Étaun-sur-Eure (Eure)

représentation des différents types de sols dominants en France M



- Sols r**
  - Lit
  - Ré
  - Ré
  - Ar
  - Pé
- Sols d**  
**et mil**
  - Cé
  - Fl
  - Thra
  - Sodisalisols
- Sols issus de matériaux calcaires**
  - Rendisols
  - Calcisols
  - Rendosols
  - Calcosols
  - Dolomitosols
- Sols peu évolués**
  - Brunisols
  - Andosols
  - Vertisols
  - Organosols
- Sols évolués**
  - Fersalisols
  - Néoluvisols
  - Luvisols
  - Véracrisols
  - Alocrisols
  - Podzosols
- Sols soumis à l'excès d'eau**
  - Histosols
  - Réductisols
  - Rédoxisols
  - Colluviosols-Rédoxisols
  - Brunisols-Rédoxisols
  - Néoluvisols-Rédoxisols
  - Luvisols-Rédoxisols
  - Planosols
  - Pélosols
  - Données en cours d'acquisition



Source : Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols et Réseau Mixte Technologique Sols et Territoires, 2019



INRAE

CASE, Octobre 2023

<https://www.geoportail.gouv.fr/carte>

# ➤ Sols et services écosystémiques

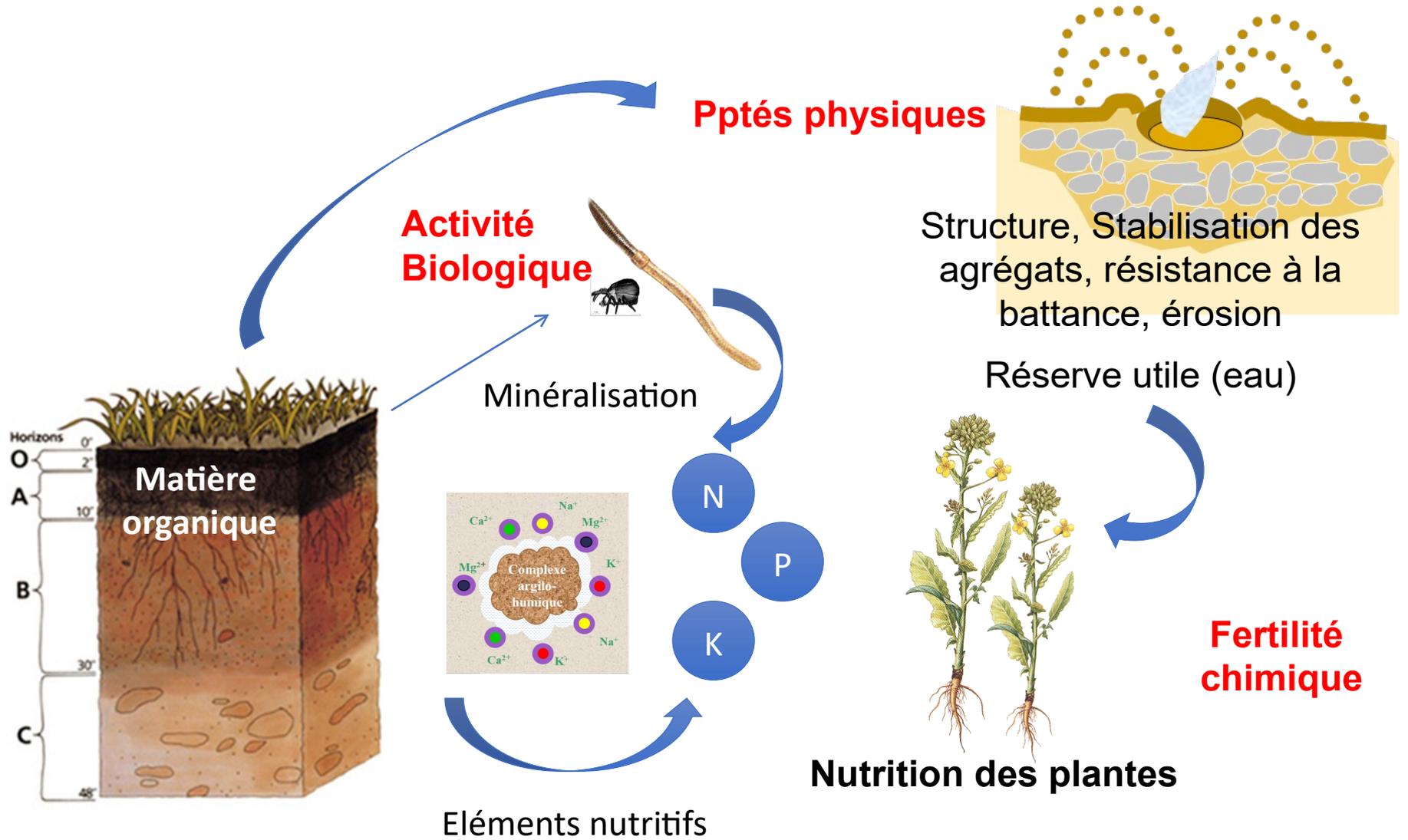


# ➤ Les sols menacés

- Erosion
  - perte de productivité agricole → 1,25 milliards €/an en Europe
  - Dégradation de la qualité de l'air, des eaux
  - Coulées de boues...
- Artificialisation des sols
- Pollution
- Perte de biodiversité
- Salinisation (33% des terres irriguées dans le monde)
- Perte de fertilité liée à la perte de matière organique
- → recours aux engrais
- Tassement (4% des terres en Europe)

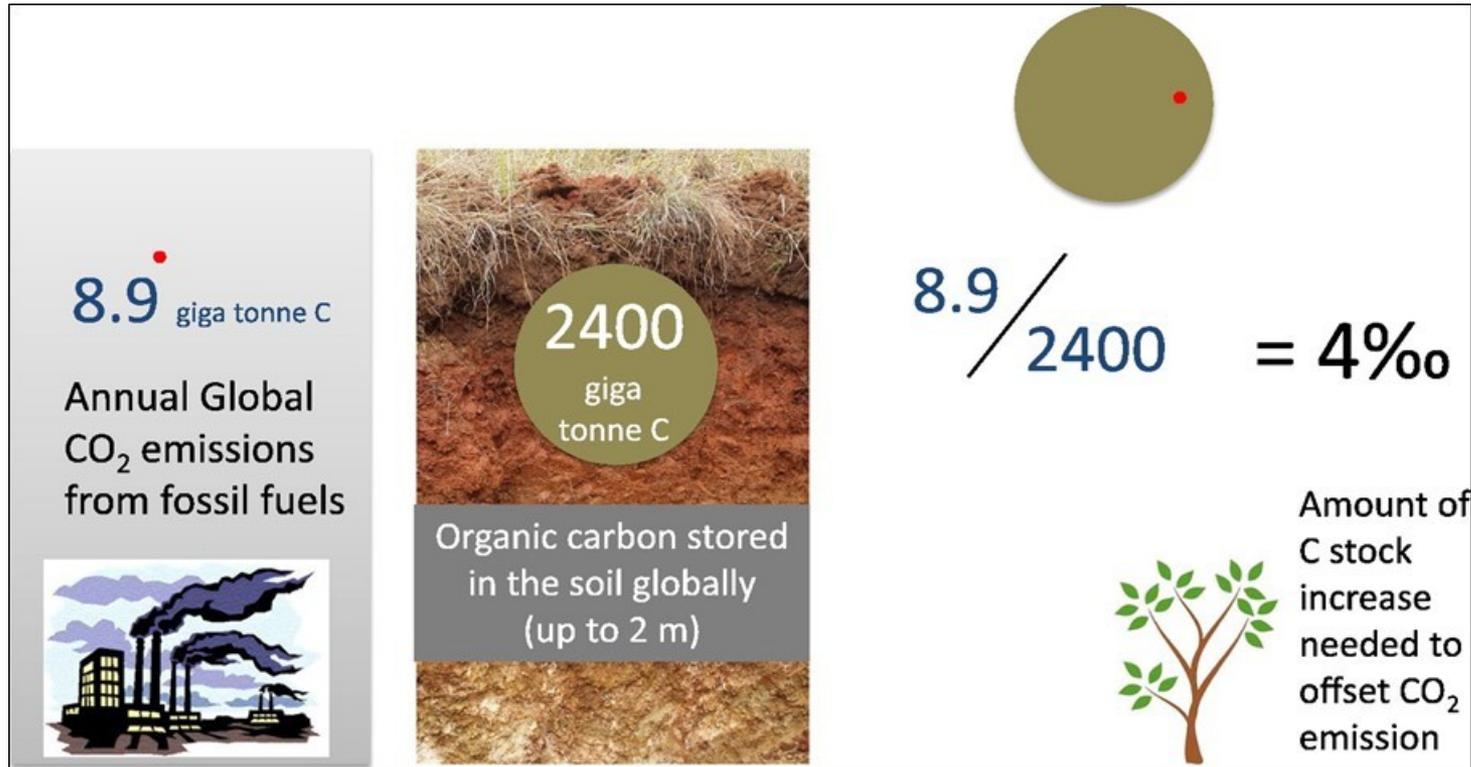


# ➤ Matière organique et fertilité des sols



# ➤ Matière organique et rôle environnemental des sols

Stockage de C et atténuation des changements climatiques: initiative 4‰

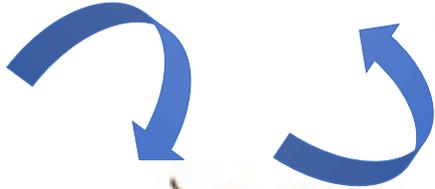


→ 2 à 3 Giga tonnes C/an

Minasny et al., 2017

- **Sols cultivés: 1.25% C ↔ 50 t C/ha. Une augmentation de 4‰ par an correspond à 0.2 tC/ha.an ou passage de 1.25% à 1.3% en 10 ans**

# ➤ Carbone et matière organique dans les sols



CO<sub>2</sub>

## Dynamique

- ✓ Entrées: résidus récolte, fumiers, digestats, composts...
- ✓ Sorties: Minéralisation

## Des matières organiques

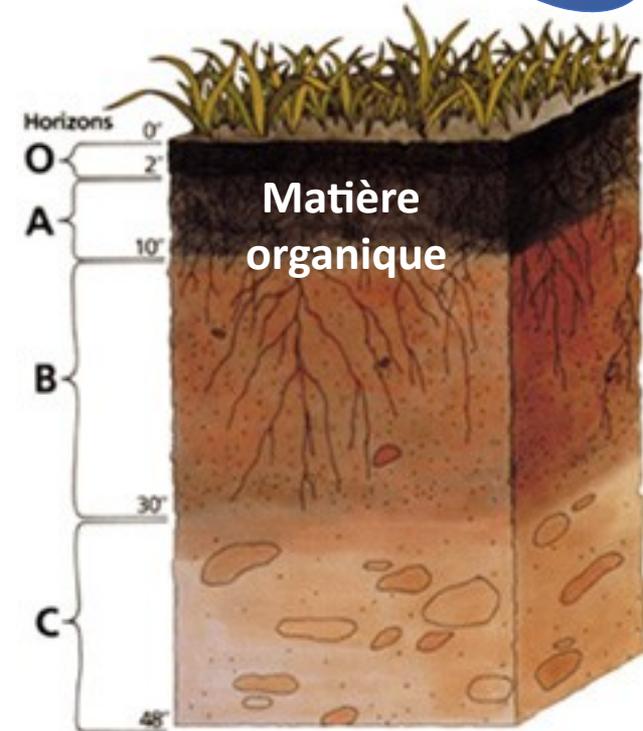
- ✓ Compartiments à dynamiques et caractéristiques différentes

## Teneur en C et MO

- ✓ Mesure teneur en C
- ✓ Teneur en MO = C x 1.72

## Stock de C (tC/ha)

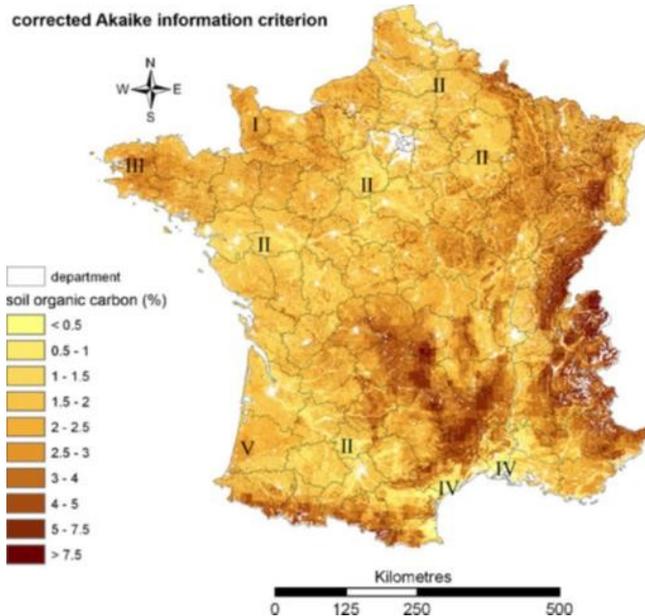
- ✓ Mesure teneur en C
- ✓ Stocks de C: teneur (g/kg) x masse de terre à une profondeur donnée (t/ha)



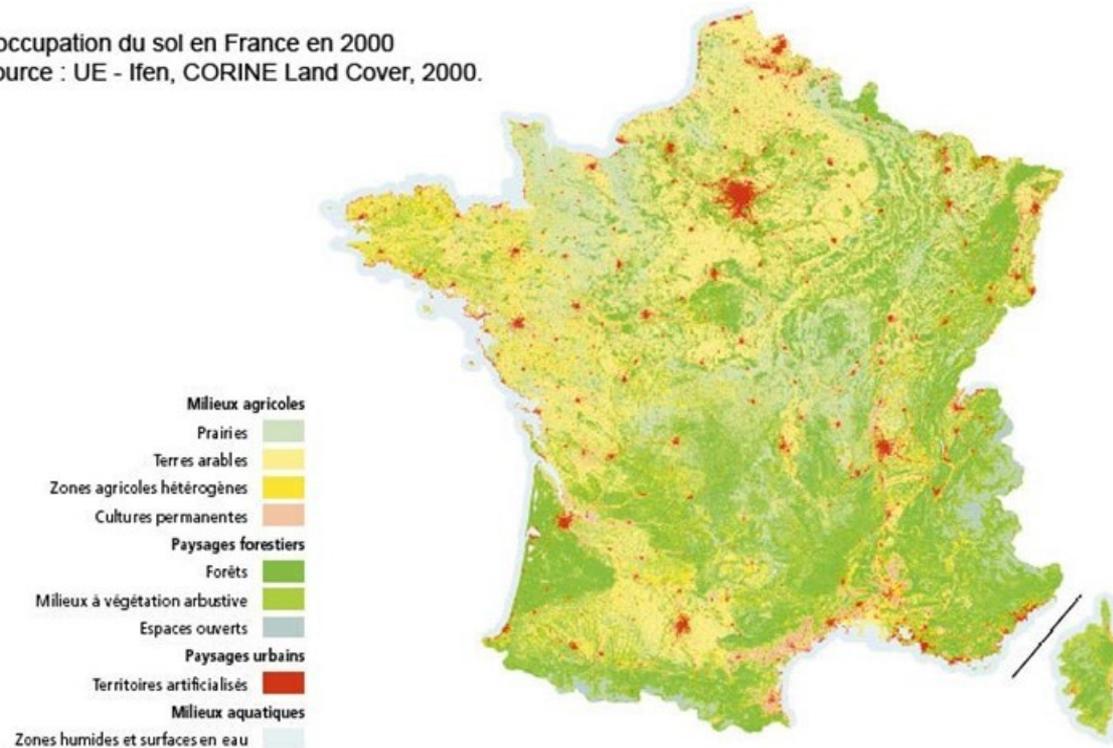
# ➤ Des teneurs hétérogènes dans les sols

## Teneur en C dans les sols

- ➔ Occupation du sol
- ➔ Pratiques agricoles



L'occupation du sol en France en 2000  
Source : UE - Ifen, CORINE Land Cover, 2000.

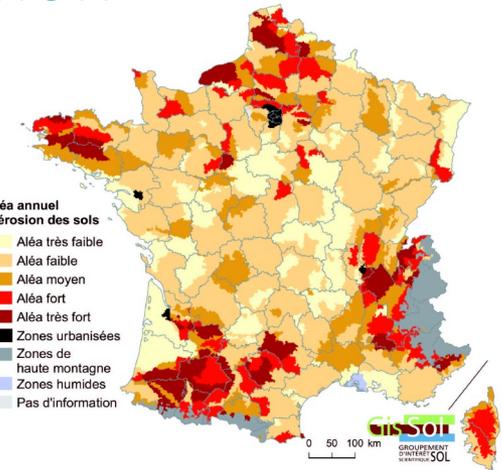


(Meersmans et al., 2012)

# ➤ Teneur en carbone organique et érosion

## Teneur en C dans les sols

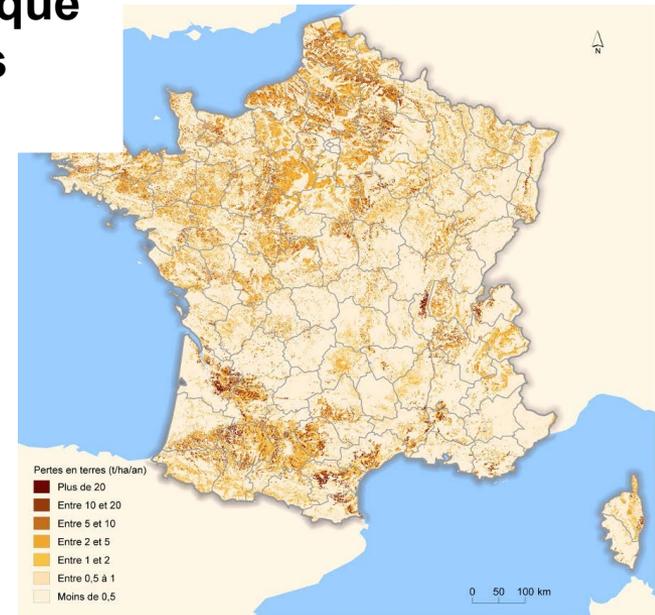
## Aléa érosif par petite région



Source : Gis Sol-Inra-SOeS, 2011.

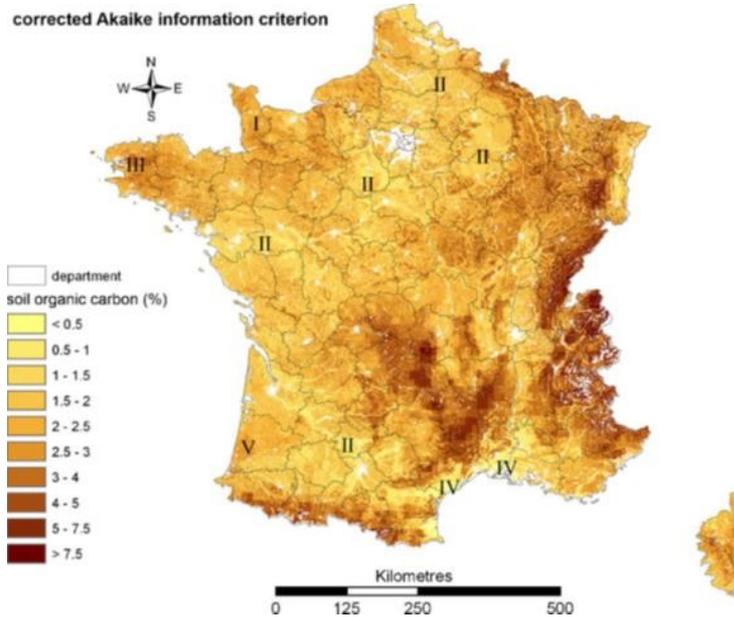
Note : L'aléa d'érosion des sols par petite région agricole est estimé à l'aide du modèle Mesales (Modèle d'évaluation spatiale de l'aléa d'érosion des sols), développé par l'Inra. Il combine plusieurs caractéristiques du sol (sensibilité à la battance et du terrain (type d'occupation du sol, pente) et climatiques (intensité et hauteur des précipitations). L'aléa est par cinq classes représentant la probabilité qu'une érosion se produise.

## Perte de terre par érosion hydrique (18% des sols affectés)



Sources : BRGM, 2010. D'après Cerdan et al., 2010. Traitements : SOeS, 2013.

corrected Akaike information criterion



(Meersmans et al., 2012)

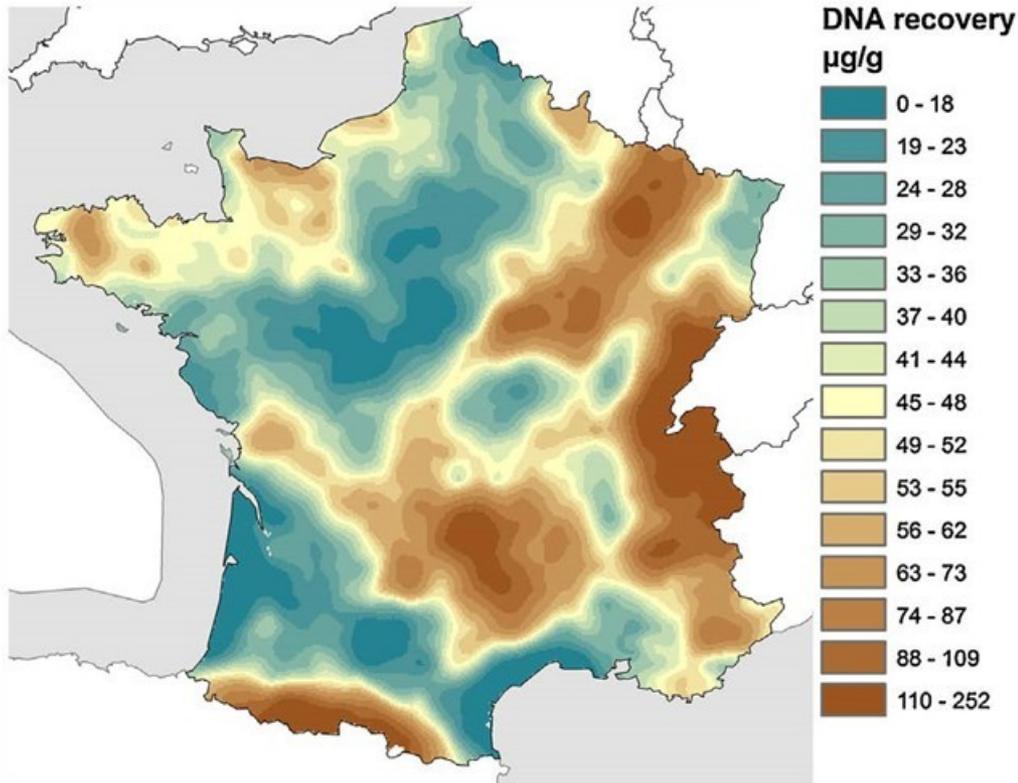
INRAE

CASE, Octobre 2023



# ➤ Teneur en carbone organique et biologie des sols

Carte des teneurs en biomasse microbienne en France



## Caractéristiques explicatives:

- **C organique**
- Argile
- Altitude
- pH

Horrigue et al, 2016

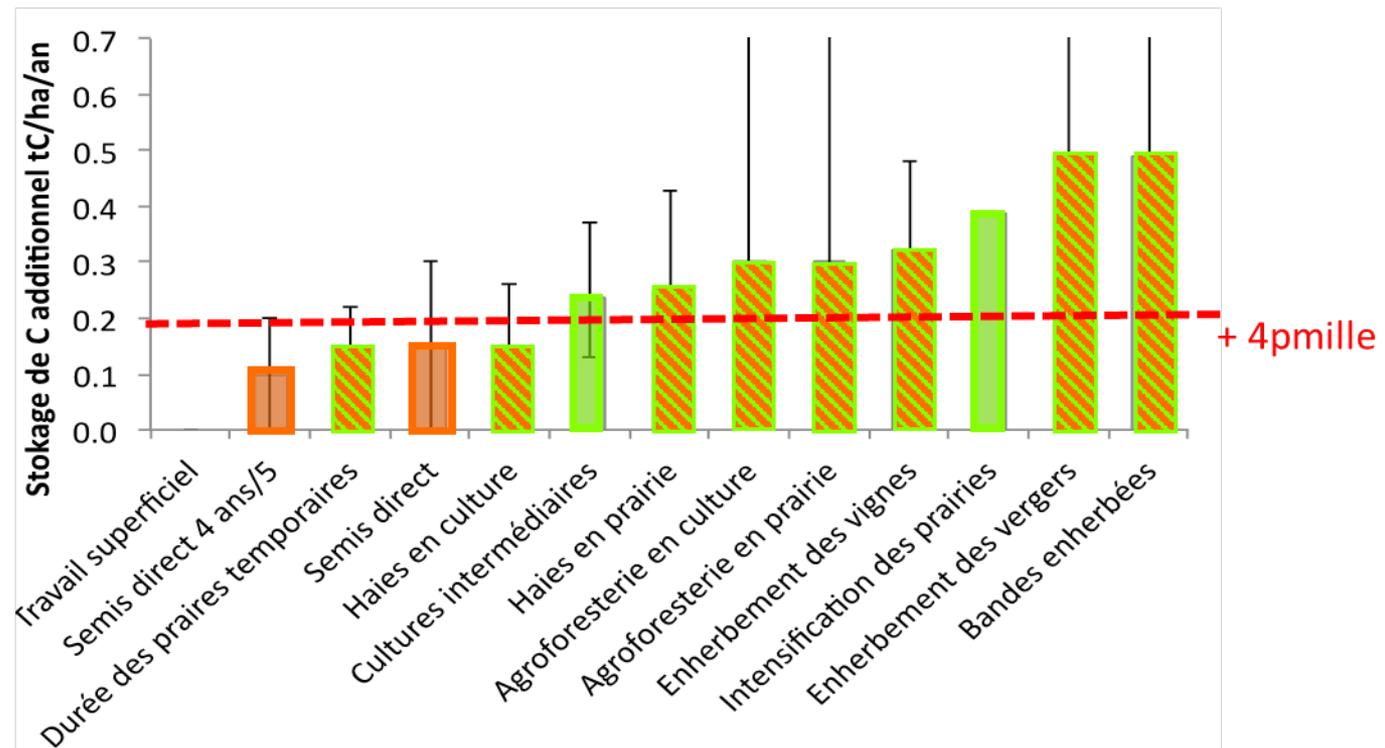
# Quelles pratiques stockantes?

Stockage de C additionnel par unité de surface:

 ↘ minéralisation

 ↗ apports

 Les deux



Etude GES INRA  
Pellerin et al. 2013  
Chenu & al. 2014,  
Innovations  
Agronomiques, vol 37



INRAE

CASE, Octobre 2023

➤ Stocker du carbone dans  
les sols français



Etude 4 pour 1000, Novembre 2020

<https://www.inrae.fr/actualites/stocker-4-1000-carbone-sols-potentiel-france>

(Pellerin et al., 2020)

# ➤ Pratiques stockantes

## En grandes cultures :

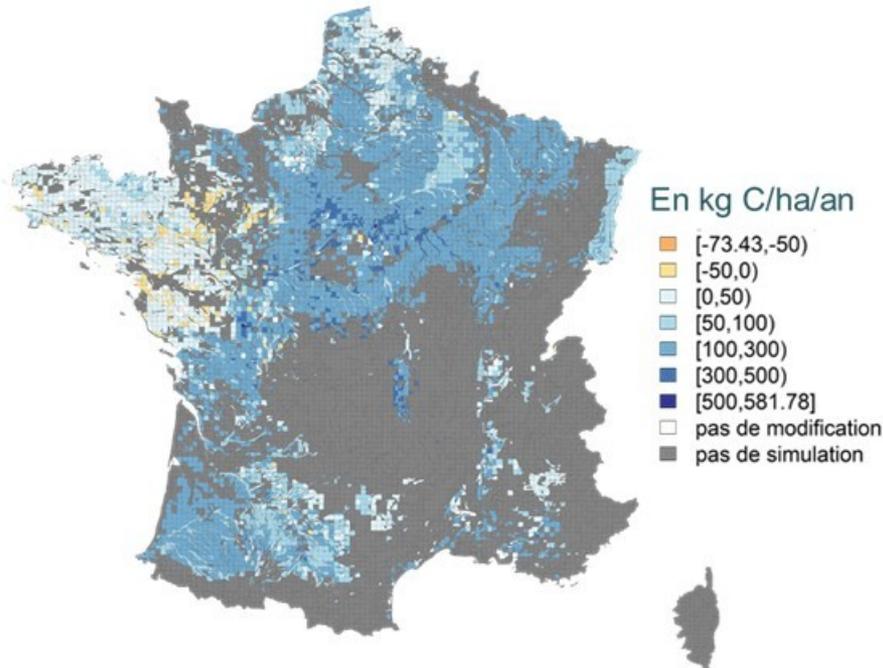
- ❖ **Extension des cultures intermédiaires** : couvrir toutes les intercultures d'une durée supérieure à 2 mois
- ❖ **Semis direct** : suppression de tout travail du sol sauf contrainte technique et sauf pour la destruction des prairies et des cultures intermédiaires
- ❖ **Mobilisation de nouvelles ressources organiques** : compostage ou méthanisation de biodéchets et déchets verts non mobilisés actuellement. Compostage de boues de station d'épuration déjà épandues actuellement
- ❖ **Insertion et allongement des prairies temporaires** : insertion de prairies à la place du maïs fourrage et allongement de la durée des prairies déjà en place de 1 à 2 ans
- ❖ **Agroforesterie intra-parcellaire** : plantation de rangées d'arbres tous les 24 m sur les parcelles à sol profond
- ❖ **Haies** : plantation sur le périmètre des parcelles >8ha



## ➤ Exemple de résultats

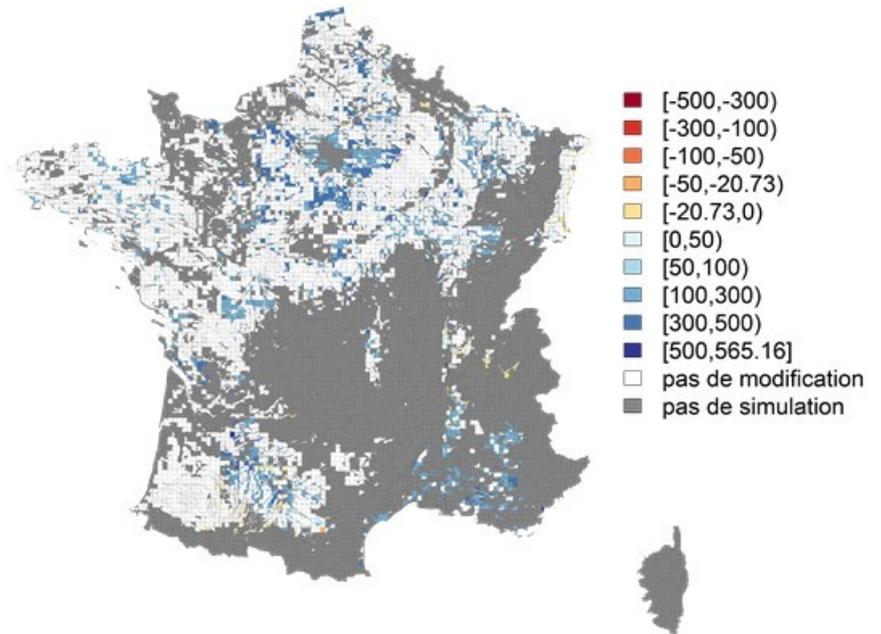
- Cartographie du stockage additionnel par rapport aux pratiques actuelles

Extension des cultures intermédiaires



Mobilisation de nouvelles ressources organiques

Stockage additionnel :  $+233 \pm 126$  kg C/ha/an  
Ressources limitantes



# ➤ Synthèse et conclusions

- **En grandes cultures l'existence d'un potentiel de stockage additionnel par des changements de pratiques est en partie du au fait que les stocks hérités sont bas**
- **Les pratiques plus stockantes mobilisables, avec les plus forts potentiels de stockage sont**
  - ❖ L'extension des cultures intermédiaires (35 % du potentiel total)
  - ❖ L'agroforesterie (19% du potentiel total)
  - ❖ L'insertion et l'allongement de prairies temporaires (13% du potentiel total)
- **Le semis direct n'a pas d'effet sur 0-100cm. Il permet un stockage additionnel dans l'horizon labouré, lié à une redistribution verticale du C**



## ➤ Synthèse et conclusions

- La mise en œuvre des 9 pratiques stockantes explorées dans le cadre de l'étude permettrait un stockage additionnel de +1,8‰
- 86% du potentiel de stockage additionnel est en grandes cultures
- En forêt aucune pratique « plus » stockante que les pratiques actuelles n'a été identifiée. L'enjeu pour les écosystèmes forestiers est avant tout de préserver les stocks existants
- En prairies permanentes les pratiques plus stockantes étudiées se caractérisent par une assiette faible (remplacement fauche pâture) ou un stockage additionnel limité, avec un bilan GES global peu favorable (intensification modérée des prairies extensives). Là aussi l'enjeu est plutôt de préserver les stocks existants.



## ➤ Synthèse et conclusions

- Calculé sur l'horizon 0-100cm, donc en excluant le semis direct, l'ensemble des pratiques étudiées mises en œuvre sur la totalité de leur assiette maximale technique représentent un stockage additionnel de 8,43 MtC an<sup>-1</sup>, (soit 32 MtCO<sub>2</sub>e an<sup>-1</sup>)
- Cela représente
  - 6,8% des émissions nationales (458 Mt CO<sub>2</sub>e en 2016)
  - 41% des émissions agricoles (76,7 MtCO<sub>2</sub>e en 2016, hors usage énergie et changement d'usage des sols)
- Le calcul du bilan GES complet renforce l'intérêt de l'agroforesterie, des haies, des prairies temporaires; il annule l'intérêt de l'intensification modérée des prairies extensives



## ➤ En préparation...

- Directive cadre sur l'eau, sur l'air...
- Rien sur les sols
- Tentative en 2006 → échec
  
- Nouvelle directive sur les sols en préparation au niveau européen
- Volonté de définir des indicateurs de qualité et/ou de santé des sols
- Monitoring de la santé des sols à mettre en œuvre
- Discussion en cours

