

Dynamique de dissolution des carbonates

Dynamique du carbone dans les sols calcaires

TIPHAINE CHEVALLIER

Carbone des sols calcaires

Carbone organique (SOC)



Matières organiques (vivante, morte)
POM, associées aux argiles
Labile, résistante
Minéralisable, oxidable, en solution ...



Carbone inorganique (SIC)



CaCO_3 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)
 HCO_3^- , H_2CO_3 , CO_2
Solide, solution, gaz
Pédogénique, lithogénique

Globalement

0-30 cm

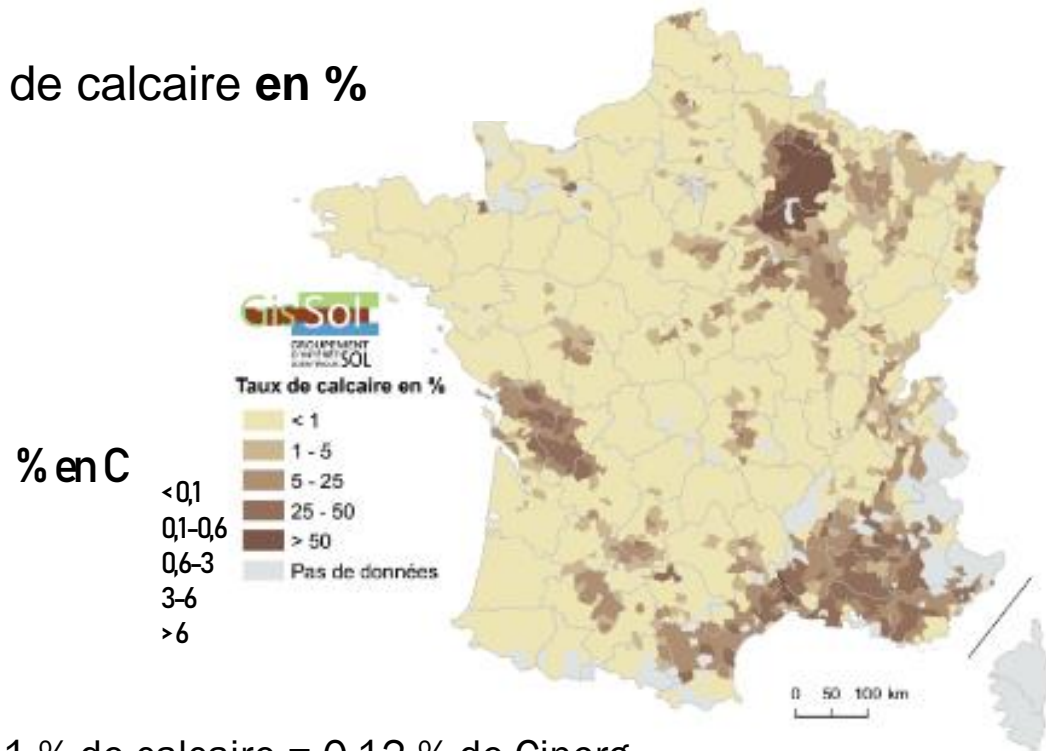


1583 Gt
SOC



946 Gt
SIC

Taux de calcaire en %



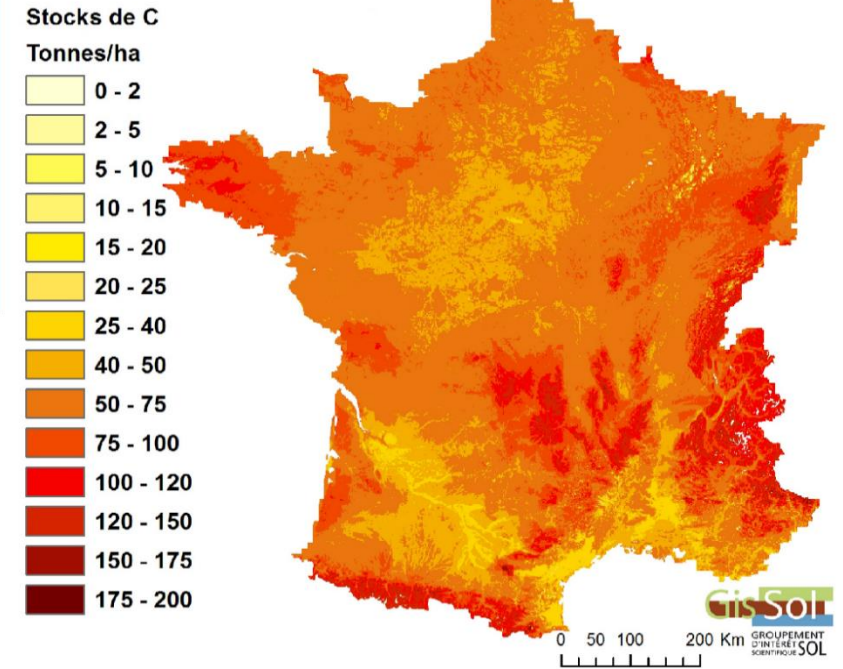
1 % de calcaire = 0,12 % de Cinorg.

Sharififar et al. 2023

Moy. des teneurs 7 g kg⁻¹

11% des surfaces ont des teneurs en SIC > SOC
avec des teneurs en moyenne de 45 g kg⁻¹

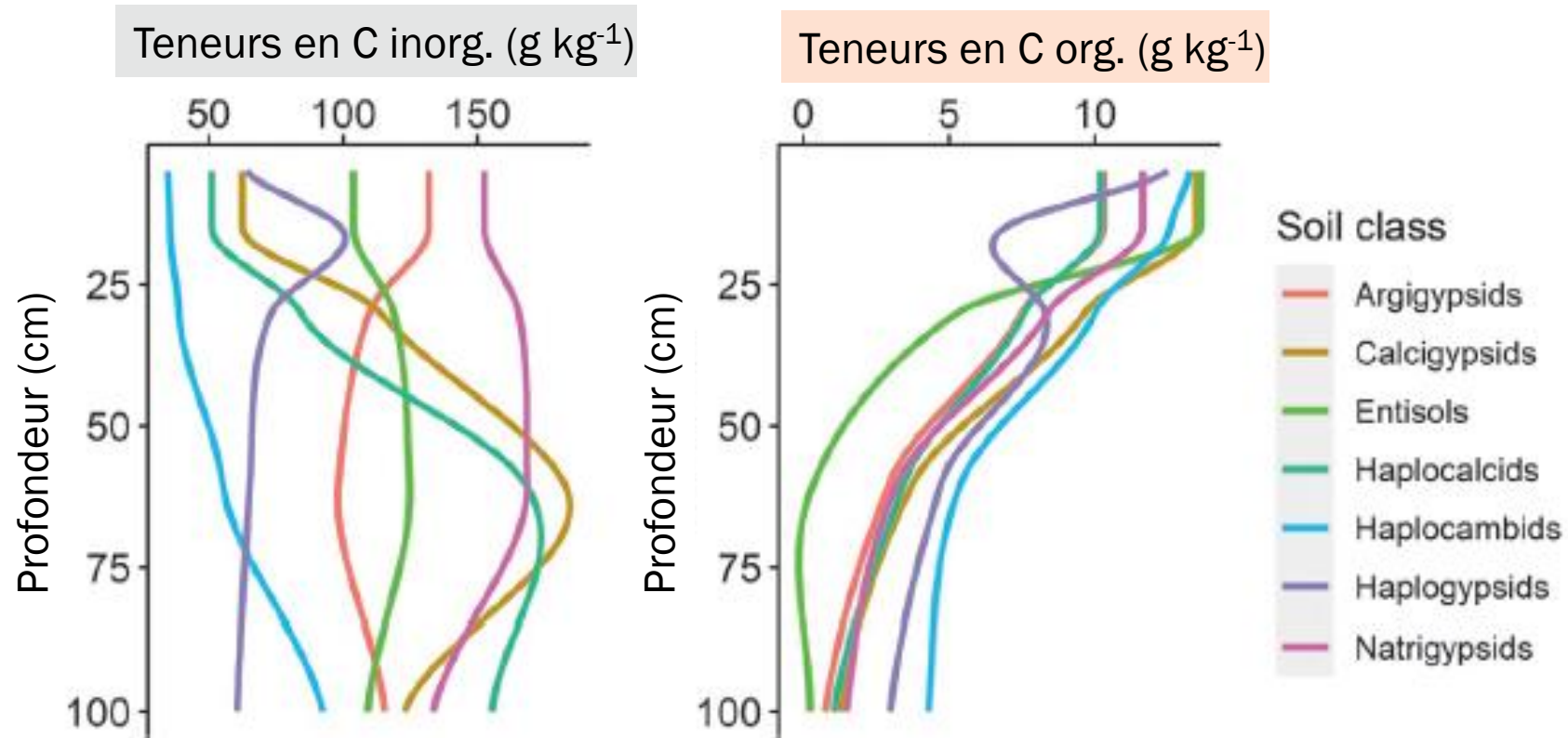
Stocks de C_{organique} en t ha⁻¹



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

Moy. des teneurs 25 g kg⁻¹

Exemple de distribution du C inorganique et du C organique dans profil de sol en Iran (Sharififar et al. 2023)



Carbone des sols

Carbone organique (SOC)

Complexes
Dynamiques
Impact des usages et pratiques agricoles
Ils sont très étudiés



Matières organiques (vivante, morte)
POM, associées aux argiles
Labile, résistante
Minéralisable, oxidable, en solution ...

Globalement

0-30 cm



1583 Gt
SOC



946 Gt
SIC

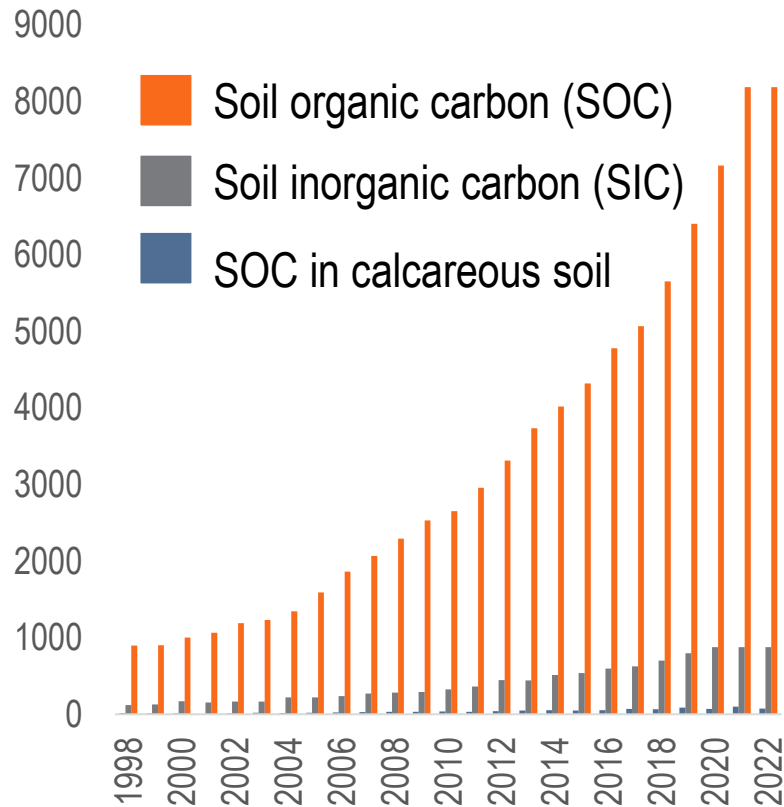
Carbone inorganique (SIC)



CaCO_3 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)
 HCO_3^- , H_2CO_3 , CO_2
Solide, solution, gaz
Pédogénique, lithogénique

Plus simple
Dynamique lente
Impacts faibles des usages
Géologie (ou Ca^{2+})

Nb de publications avec SOC, SIC dans le titre ou le résumé (Wos database)



≈12 % des papiers sur le SOC mentionnent SIC

(carbonate, calcite, dolomite or inorg. C)

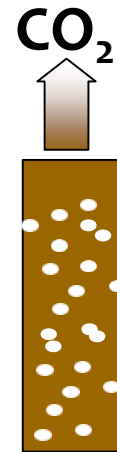
Les publications sur la dyn. des SOC en sols calcaires : ≈ 2 %

Mais de + en + de papier des review -> plaidoyer pour ces sols

Incubation de sols en laboratoire – Mesure du pool de C facilement minéralisable



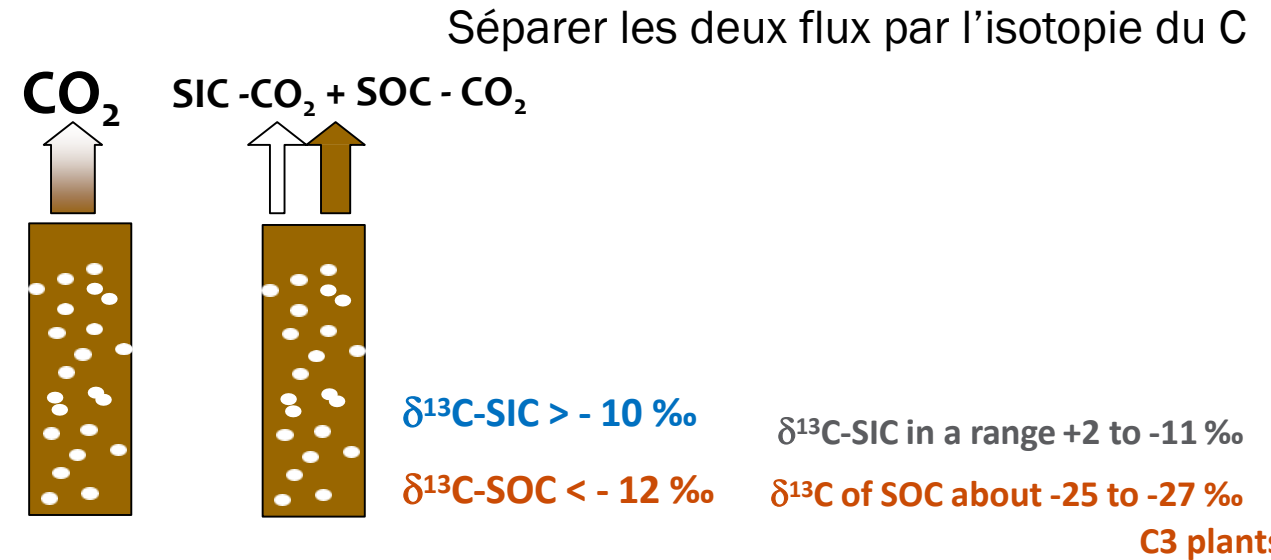
@ C. Girardin



Incubation de sols en laboratoire – Mesure du pool de C facilement minéralisable



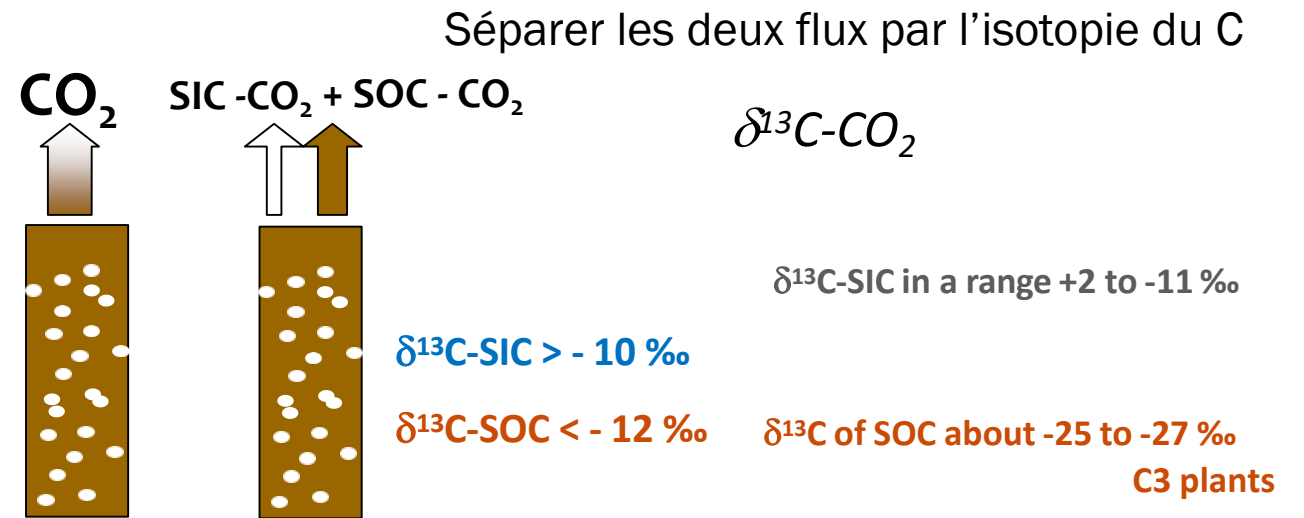
@ C. Girardin



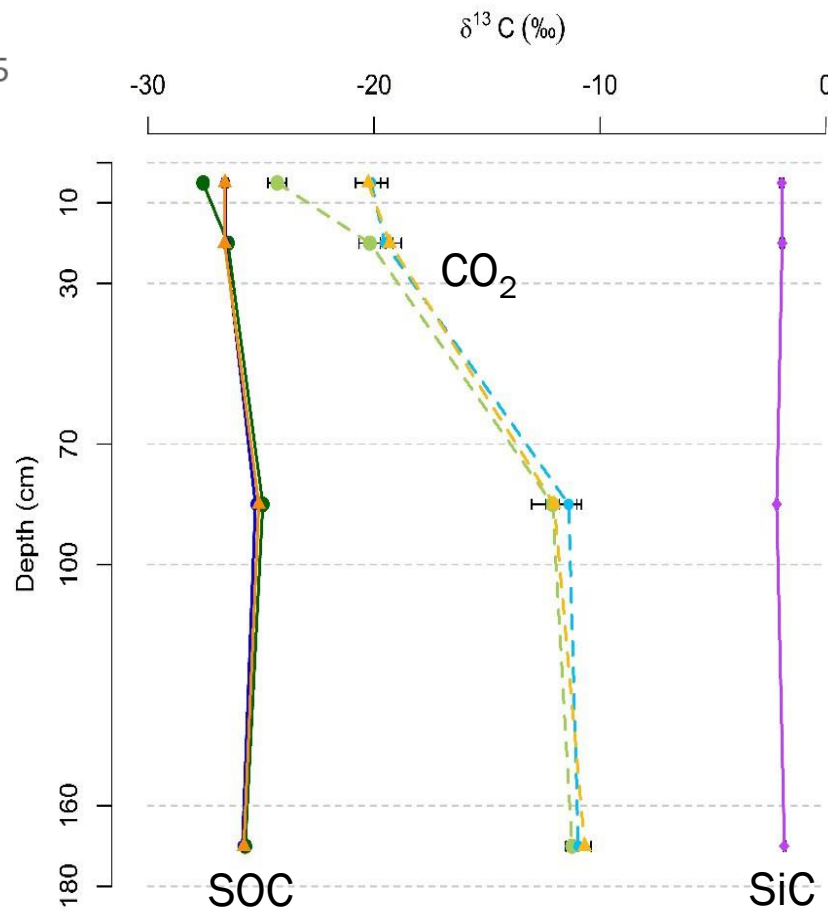
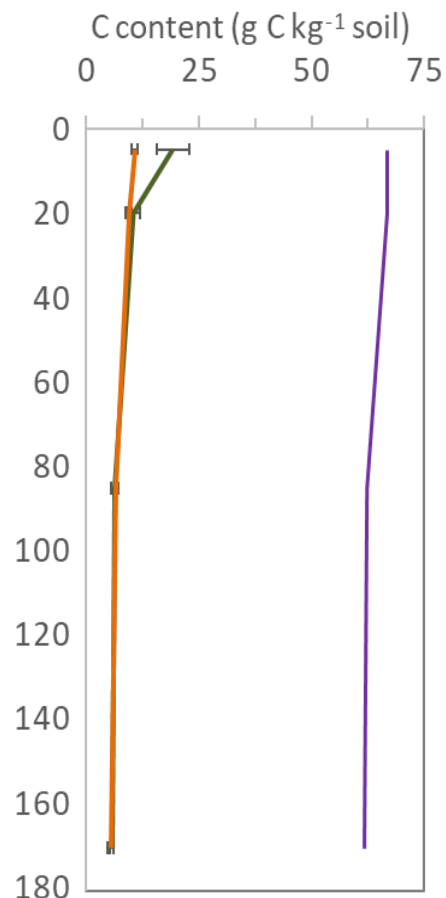
Incubation de sols en laboratoire – Mesure du pool de C facilement minéralisable



@ C. Girardin



$$\delta^{13}\text{C-CO}_2 = f \delta^{13}\text{C-SIC} + (1-f) \delta^{13}\text{C-SOC}$$

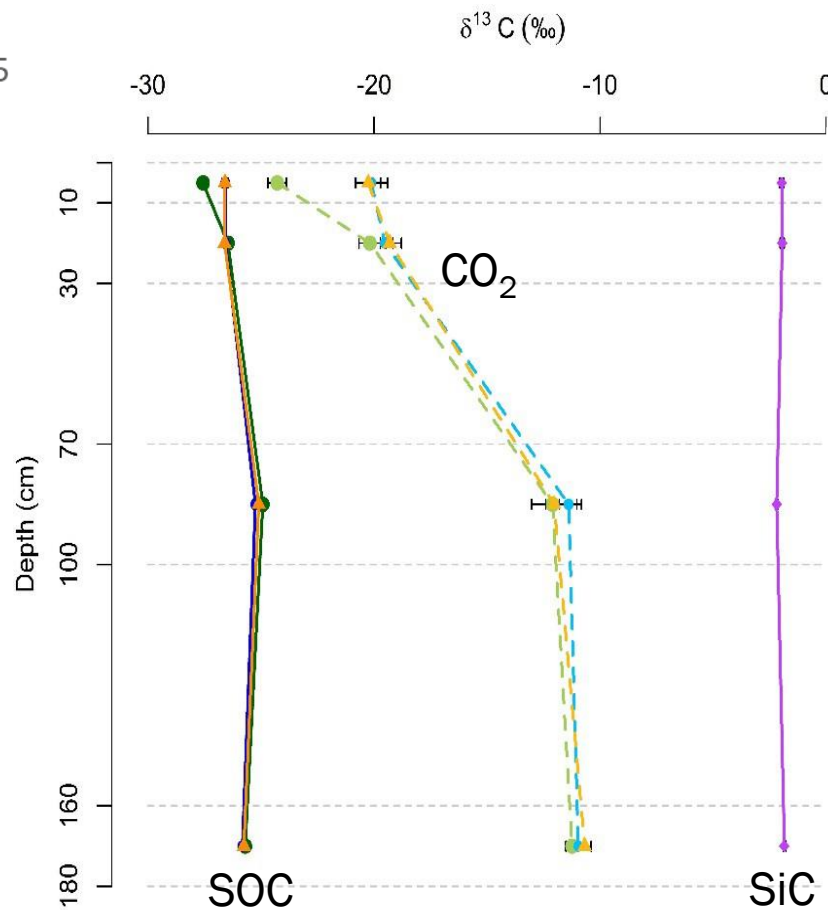
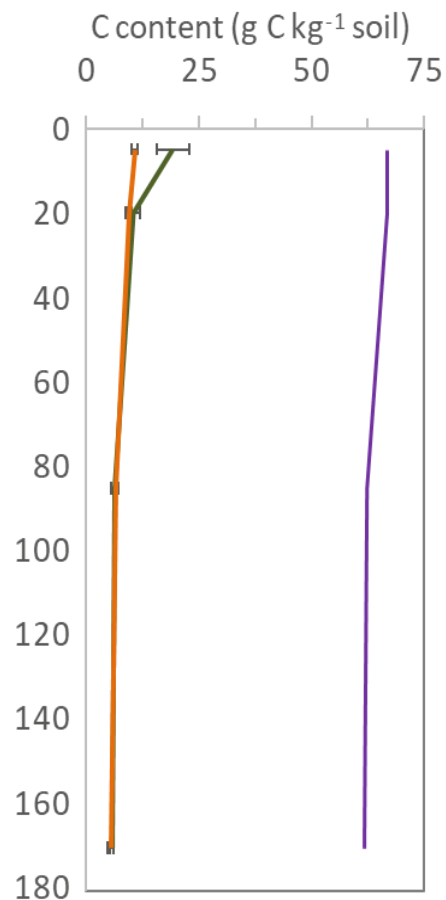


- SOC sous la ligne d'arbre
- SOC sous céréale
- SIC
- - - CO₂

Effet Activité bio et profondeur

Cardinael et al. 2020. Eur J Soil Sci 71:909-923

SOC et SIC semblent dynamique



- SOC sous la ligne d'arbre
- SOC sous céréale
- SIC
- - - CO₂

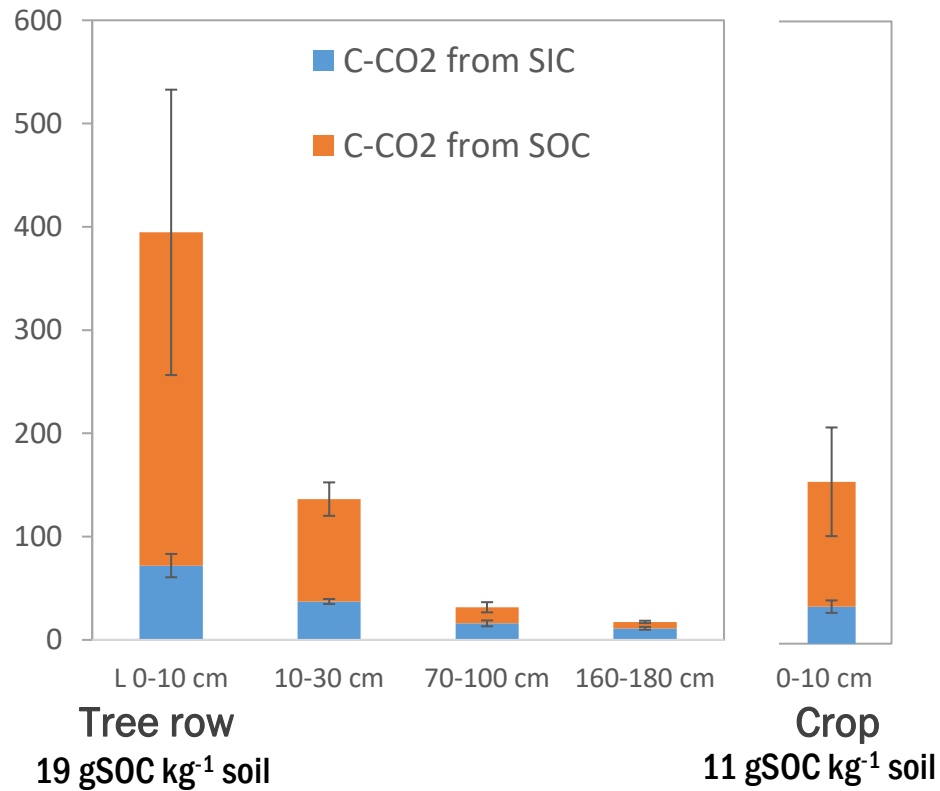
Effet Activité bio et profondeur

$$\delta^{13}C-CO_2 = f \delta^{13}C-SIC + (1-f) \delta^{13}C-SOC$$

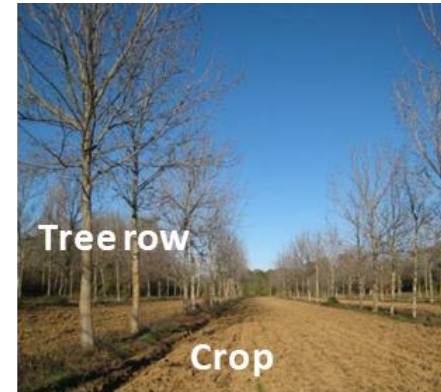
Cardinael et al. 2020. Eur J Soil Sci 71:909-923

Contribution du C inorganique et C organique aux émissions de CO₂

C-CO₂ emissions (µg g⁻¹ soil)



Agroforesterie, Prades le Lez

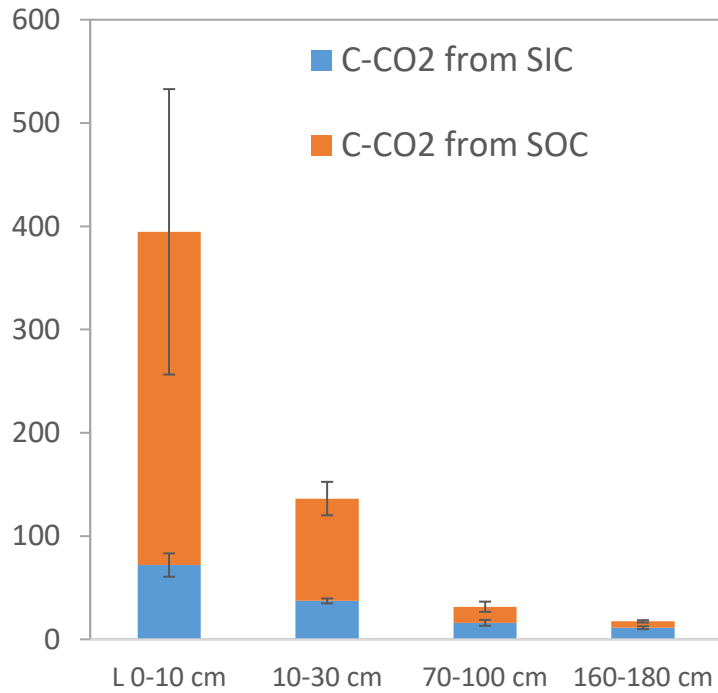


Cardinael et al. 2020. Eur J Soil Sci 71:909–923

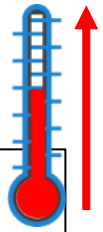
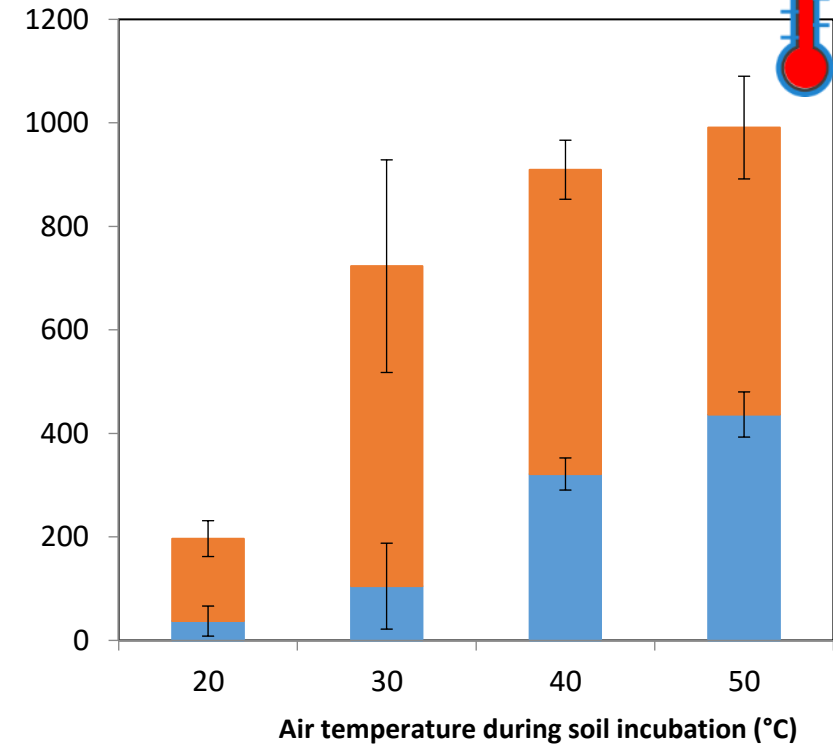
Contribution du C inorganique et C organique aux émissions de CO₂

Agroforesterie, Prades le Lez

C-CO₂ emissions (μg g⁻¹ soil)



C-CO₂ emissions (μg g⁻¹ soil)

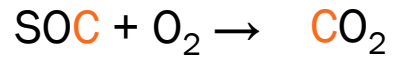


Cardinael et al. 2020. Eur J Soil Sci 71:909–923

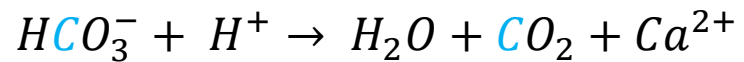
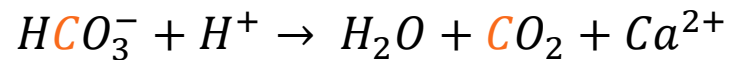
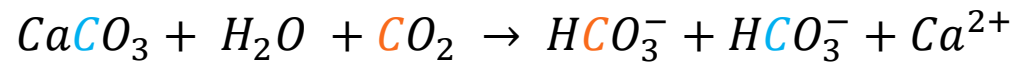
Chevallier et al. 2016. J Arid Env 135: 132-139

Interactions entre SOC et SIC

Solid-solution-gaz equilibrium = $f(\text{pH}, \text{H}_2\text{O}, \text{pCO}_2, \text{Ca}^{2+}, \text{HCO}_3^-)$

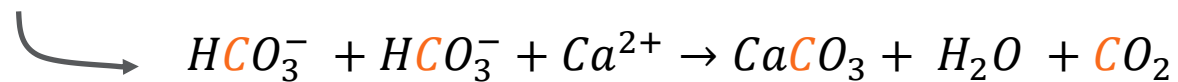


Quand il y a dissolution

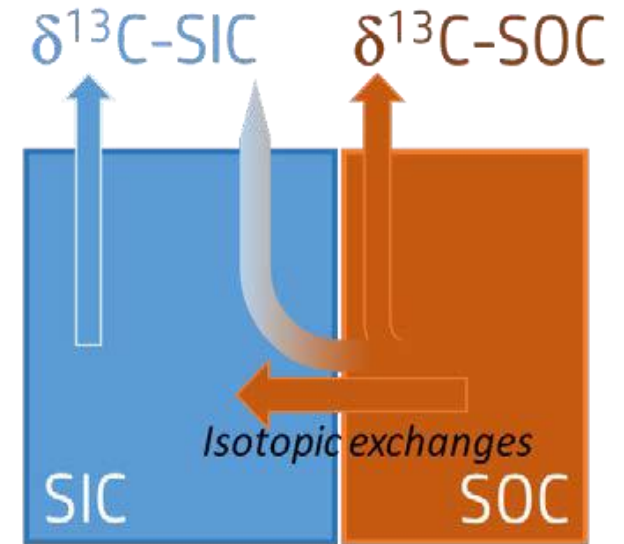


Bilan + 1 CO₂

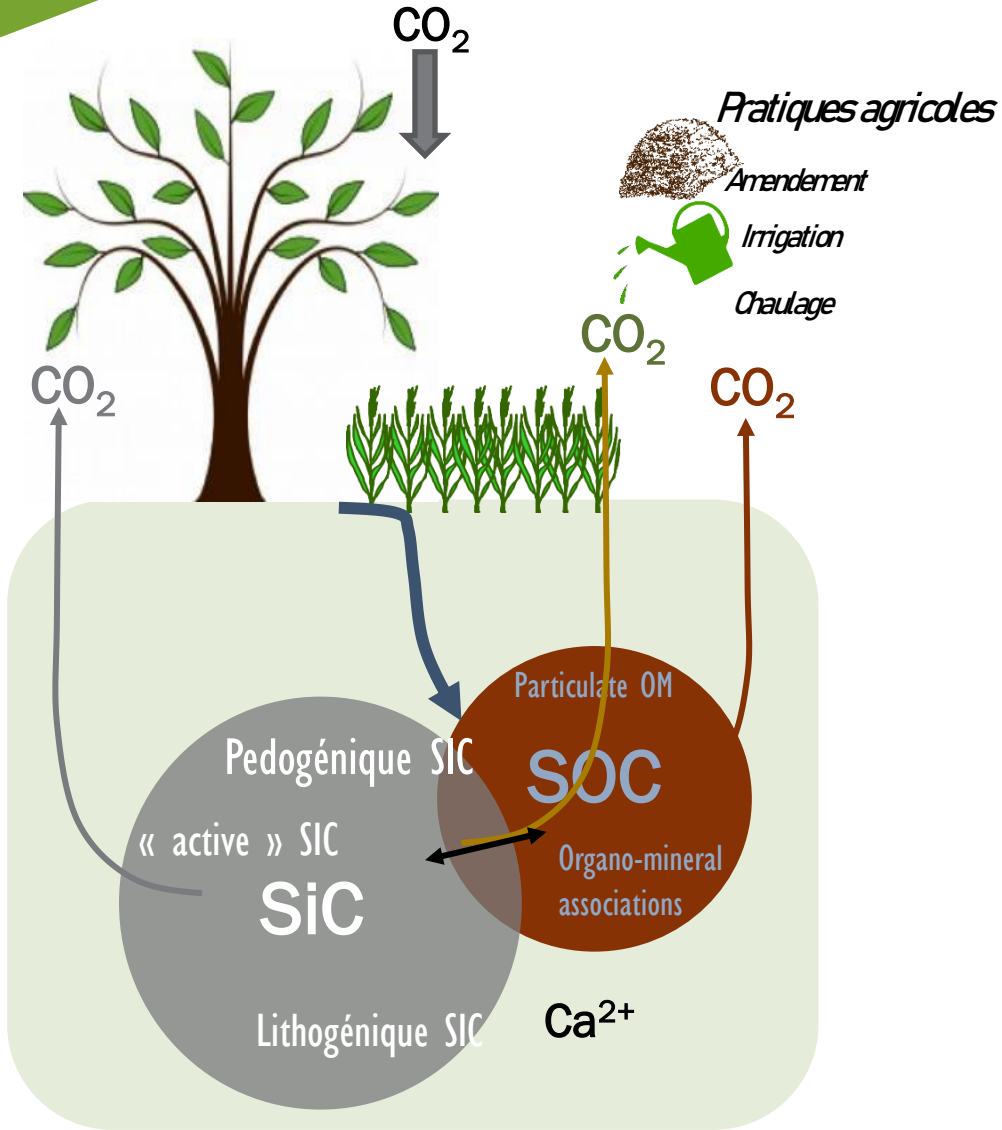
Quand au contraire il y a précipitation :



Bilan - 1 CO₂

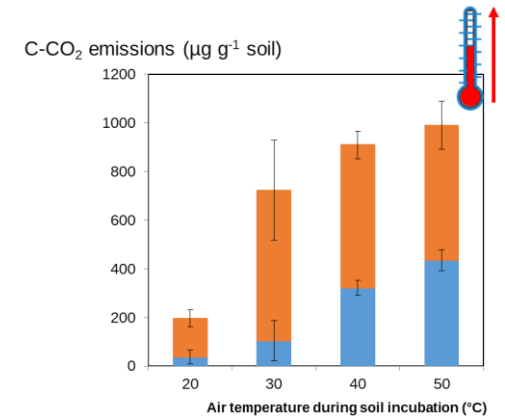


Lié à activité bio (pCO₂)
Sensibilité à la dissolution (CaCO₃)
Le pH, l'humidité, le Ca²⁺.....



Pas de méthodes idéales pour mesurer

- Teneurs en SIC et SOC
- $\delta^{13}\text{C}$ -SIC et $\delta^{13}\text{C}$ -SOC



Méthodes directes

- Méthode Anne ou Walkley et Black method : **C organique**
- Calcimétrie, calcimètre Bernard : **Calcaire, C inorganique**
- Perte au feu ou perte de poids, après calcination : **matière organique**
- Méthode Dumas, Analyseur élémentaire : **Total carbone**

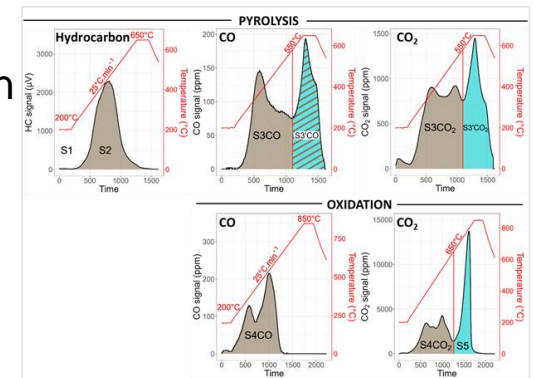


Prétraitements pour éliminer l'un et mesurer l'autre

- Eliminer le calcaire avec HCl, H_3PO_4 , H_2SO_3 pour mesurer le C organique (par addition ou par fumigation)
- Eliminer la matière organique par passage au four à moufle $550^\circ C/6h$ pour mesurer les calcaires
- Méthodes thermiques (Rock-eval®, Thermal ramp analysis, thermogravimétrie)

C organique et C inorganique sur un même échantillon

+ Couplage avec spectromètre de masse pour l'isotopie



Méthodes directes

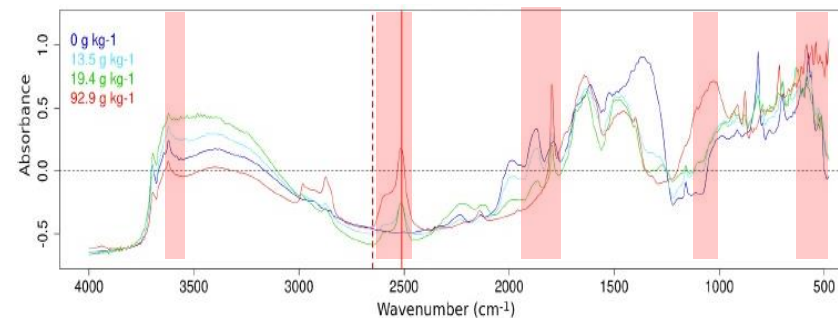
- Méthode Anne ou Walkley et Black method : **C organique**
- Calcimétrie, calcimètre Bernard : **Calcaire, C inorganique**
- Perte au feu ou perte de poids, après calcination : **matière organique**
- Méthode Dumas, Analyseur élémentaire : **Total carbone**

Prétraitements pour éliminer l'un et mesurer l'autre

- Éliminer le calcaire avec HCl, H_3PO_4 pour mesurer le C organique
- Éliminer la matière organique par passage au four à moufle $550^\circ C/6h$ pour mesurer les calcaires
- Méthodes thermiques: **C organique et C inorganique** pour un même échantillon

Méthodes indirectes

- Spectrométrie infra rouge



Poursuivre les études métrologiques sur les sols calcaires ou les sols amendés

La Rock Eval® et les méthodes thermiques en général, prometteuses pour teneurs, et isotopie du carbone

Dynamique des SIC et des SOC à étudier... projet SIC SOC DYN (EJP) et SharingMed (Prima)





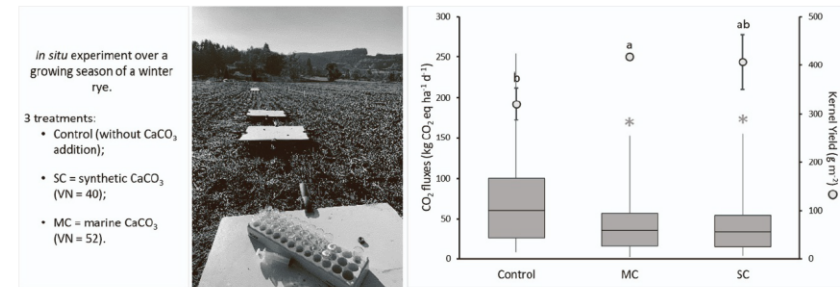
Comité Français d'Étude et de Développement
de la Fertilisation Raisonnée

Impact du chaulage sur les émissions de CO₂ / N₂O au champ

HIGHLIGHTS

- Liming significantly decreases soil CO₂ emissions and increases the kernel yield.
- Liming affects the evolution of SOC elemental composition.
- Results on CO₂ emissions called into question some IPCC methodologies of inventory.

GRAPHICAL ABSTRACT



ABSTRACT

Agricultural liming improves acidic soils productivity and is considered a lever for mitigating nitrous oxide (N₂O) emissions from soils. However, the benefit of liming in reducing soil greenhouse gas (GHG) emissions depends on the evolution of carbon from the calcium carbonate (CaCO₃), and on the evolution of soil organic carbon (SOC) after CaCO₃ application. The literature, based on limited field data, presents contrasting effects of liming on inorganic- and SOC-derived CO₂ emissions, raising concerns that the reduction in N₂O emissions could be offset by increased CO₂ emissions. Therefore, this study aimed to monitor N₂O and CO₂ emissions following the application of lime materials to an acidic soil.

In situ, we monitored the effect of two liming products (SC = synthetic CaCO₃ and MC = marine CaCO₃) on soil CO₂ emissions and compared this with control plots, during the growing season of a winter rye, using the static chamber method. Soil pH, N₂O emissions, mineral nitrogen concentrations, soil moisture and temperature were measured during the experiment, as were plant biomass and SOC (stock and composition) on the day of harvest.

Lime addition increased soil pH from 5.7 to around 7.0, kernel yield from 320 to >400 g m⁻² and resulted in a significant reduction in soil CO₂ emissions by approximately 40 % for both liming materials while it slightly increased N₂O emissions, that had nevertheless remained very low during the experiment. SOC at harvest was not significantly affected, while an increase in dissolved organic and inorganic carbon in the soil was observed.

Further investigations is needed to clarify the mechanisms explaining these observations and to define conditions where liming application could act as a potential lever for carbon storage. Our results suggest that the IPCC principles, predicting increased CO₂ emissions from lime-derived C, may need to be re-examined in the future.



Comité Français d'Étude et de Développement
de la Fertilisation Raisonnée

MERCI !

tiphaine.chevallier@ird.fr

IRD, UMR Eco&Sols, Montpellier France

