



Réduire l'incertitude des modèles de dynamique du carbone du sol par l'analyse Rock-Eval

Pierre Barré, Lauric Cécillon, François Baudin, Hugues Clivot, Fabien Ferchaud, Eva Kanari, Bruno Mary, Laure Soucémarianadin, Claire Chenu

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



Contexte

1 Une part importante du carbone organique du sol (COS) est stable

- Temps de résidence du carbone organique du sol (COS)
→ **de l'heure à plusieurs millénaires**
(e.g. Trumbore, 1997, PNAS)
- Une part **significative et très variable** du COS est stable au-delà du siècle
→ **5–16 gC kg⁻¹ dans les sols agricoles du Nord-Ouest de l'Europe**
(Barré et al., 2010, BG; Franko and Merbach, 2017, Geoderma; Cécillon et al., 2018, BG)

Contexte

2 La fraction stable du COS : paramètre clé pour des modèles plus fiables ?

- **Les modèles de dynamique du COS sont sensibles à la taille et l'âge de la fraction stable du COS**

- Mal renseignée dans les modèles du système Terre → potentiel de stockage de COS surestimé de 40% (*He et al., 2016, Science*)

- Son optimisation dans le modèle "AMG" améliore la précision des simulations de dynamique du COS (*Clivot et al., 2019, ENVIRON MODELL SOFTW*)

Contexte

2 La fraction stable du COS : paramètre clé pour des modèles plus fiables ?

- **Les modèles de dynamique du COS sont sensibles à la taille et l'âge de la fraction stable du COS**
 - Mal renseigné dans les modèles du système Terre → potentiel de stockage de COS surestimé de 40% (He et al., 2016, Science)
 - Son optimisation dans le modèle "AMG" améliore la précision des simulations de dynamique du COS (Clivot et al., 2019, ENVIRON MODELL SOFTW)
- **Les rares méthodes existantes d'initialisation de la fraction stable du COS dans les modèles de dynamique du COS ne sont pas opérationnelles, et sont mal validées**

(Falloon et al., 1998, SBB; Skjemstad et al., 2004, AUST J SOIL RES; Zimmermann et al., 2007, EJSS; Leifeld et al., 2009, AGRON J; Herbst et al., 2018, Geoderma)

**Besoin d'une méthode de routine robuste
pour initialiser la fraction de COS stable dans les modèles**

Objectif

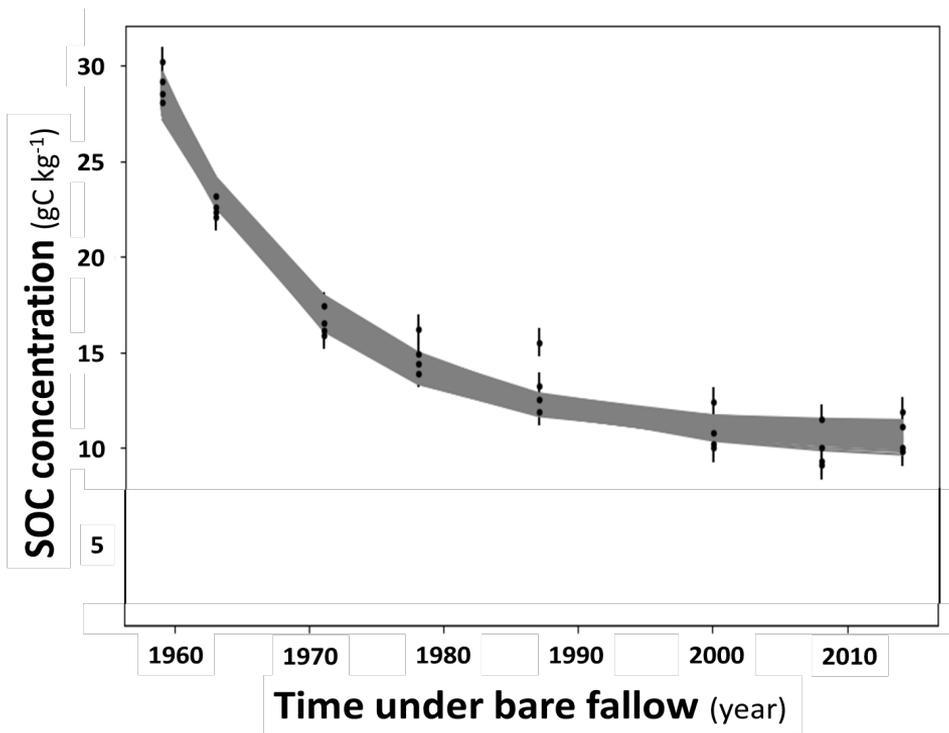
Améliorer la précision du modèle “AMG” de dynamique du COS en initialisant la taille de son compartiment (pool) de COS stable avec une méthode basée sur l’analyse thermique Rock-Eval

2 étapes

- 1 Etendre la méthode Rock-Eval d’estimation de la fraction stable du COS**
→ extension d’un travail publié dans Biogeosciences (Cécillon et al., 2018)
- 2 Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l’analyse Rock-Eval ?**
→ Test sur 7 essais agricoles de long-terme « AIAL » en France (Kanari et al., en préparation)

1 Méthode Rock-Eval d'estimation de la fraction stable du COS

→ travail en cours sur les essais de jachère nues de longue durée en Europe



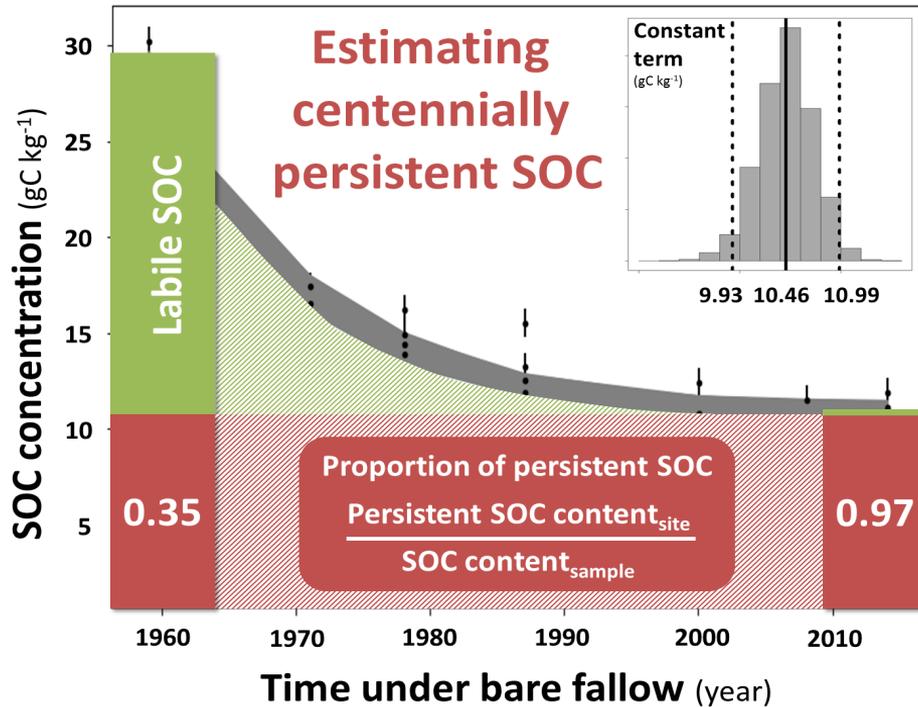
$$\gamma(t) = ae^{-bt} + \text{COS stable}$$



Le sol des parcelles de jachère nue de longue durée perd du carbone mais s'enrichit relativement en carbone stable au cours du temps

1 Méthode Rock-Eval d'estimation de la fraction stable du COS

→ travail en cours sur les essais de jachère nues de longue durée en Europe



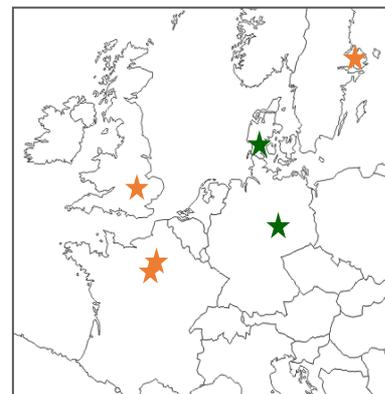
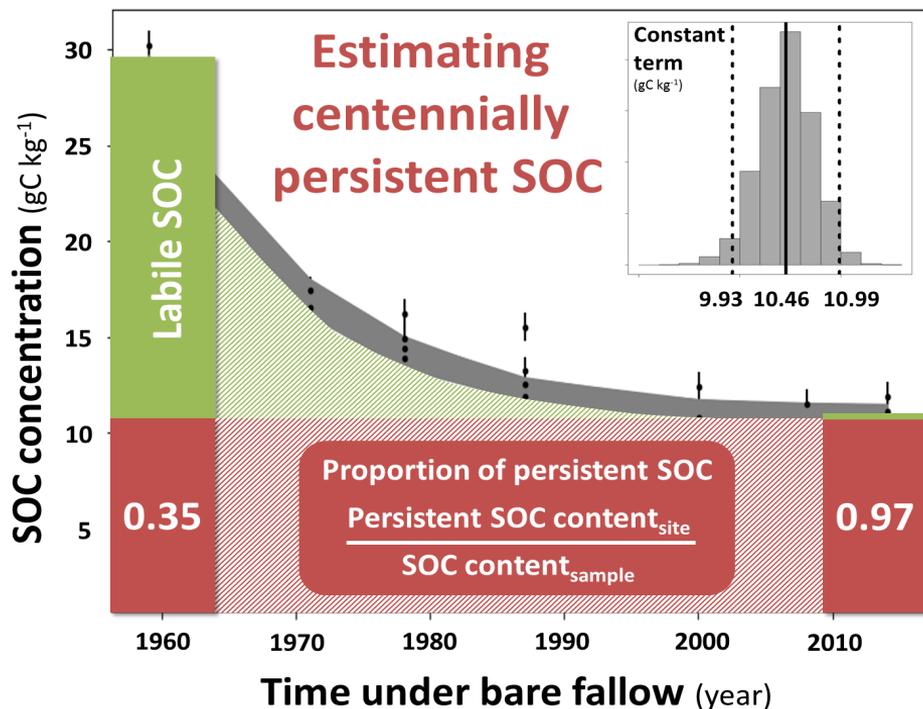
$$\gamma(t) = ae^{-bt} + \text{COS stable}$$



Utilisation des échantillons de sol archivés des parcelles de jachère nue + des essais agronomiques adjacents

1 Méthode Rock-Eval d'estimation de la fraction stable du COS

→ travail en cours sur les essais de jachère nues de longue durée en Europe



Une collection de 134 sols
de 6 sites de jachère nue en Europe
+ essais agronomiques adjacents
avec une estimation de la
proportion de COS stable [0.14–1]

$$\gamma(t) = ae^{-bt} + \text{COS stable}$$

1 Méthode Rock-Eval d'estimation de la fraction stable du COS

→ travail en cours sur les essais de jachère nues de longue durée en Europe

Proportion
de
COS
stable



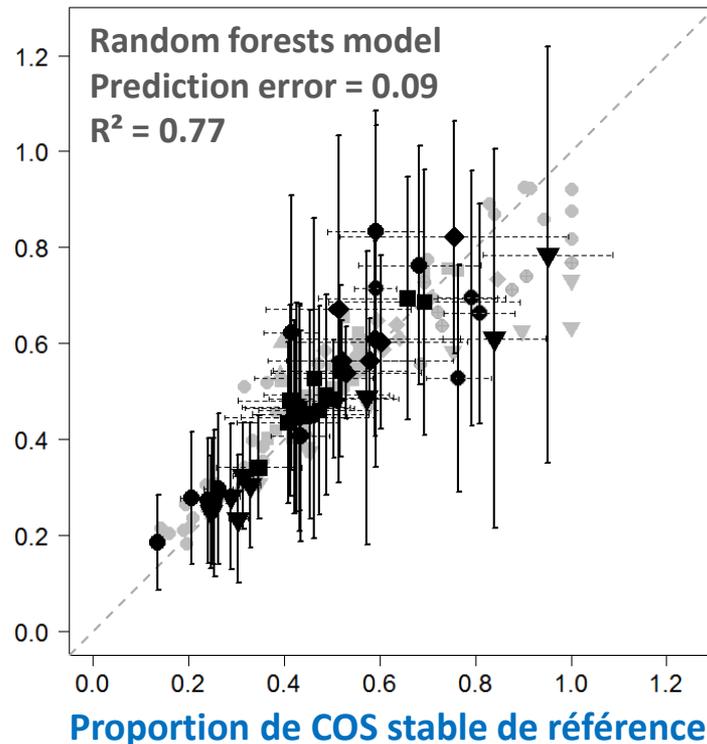
Versailles Rothamsted Grignon Ultuna Askov Bad Lauchstädt

Validation (44 samples)

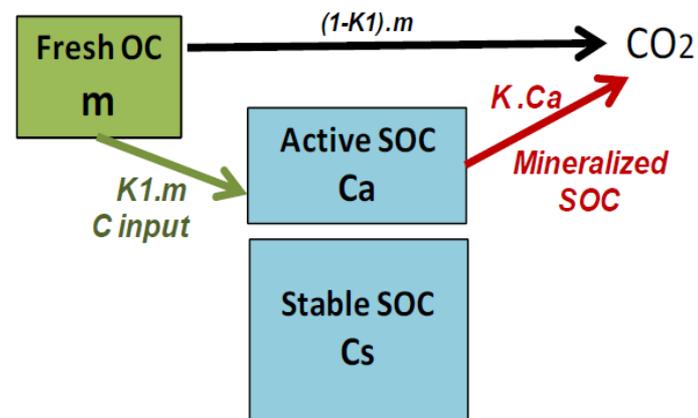
Calibration (90 samples)



Proportion de COS stable
prédite par Rock-Eval



② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?



$$C = Ca + Cs$$
$$dC/dt = K1.m - K.Ca$$

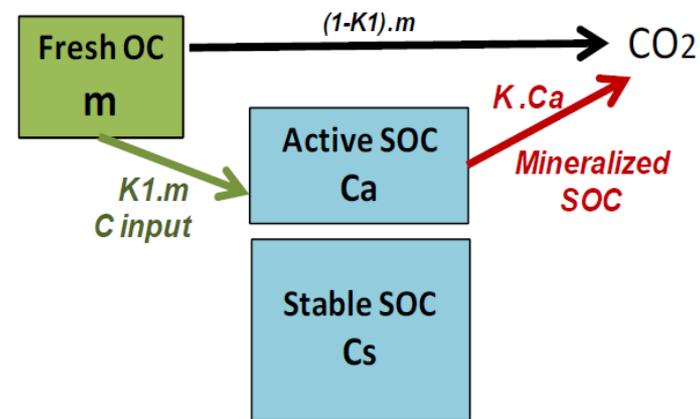
$$Cs/C_0 = 0.65$$

Valeur par défaut en GC

Pools et flux de COS du modèle AMG

② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



$$C = Ca + Cs$$

$$dC/dt = K1.m - K.Ca$$

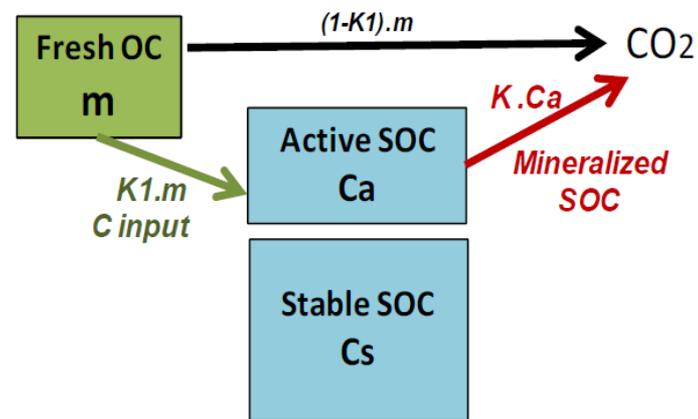
$$Cs/C_0 = ?$$

Rock-Eval sur sol initial

Pools et flux de COS du modèle AMG

② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



$$C = Ca + Cs$$

$$dC/dt = K1.m - K.Ca$$

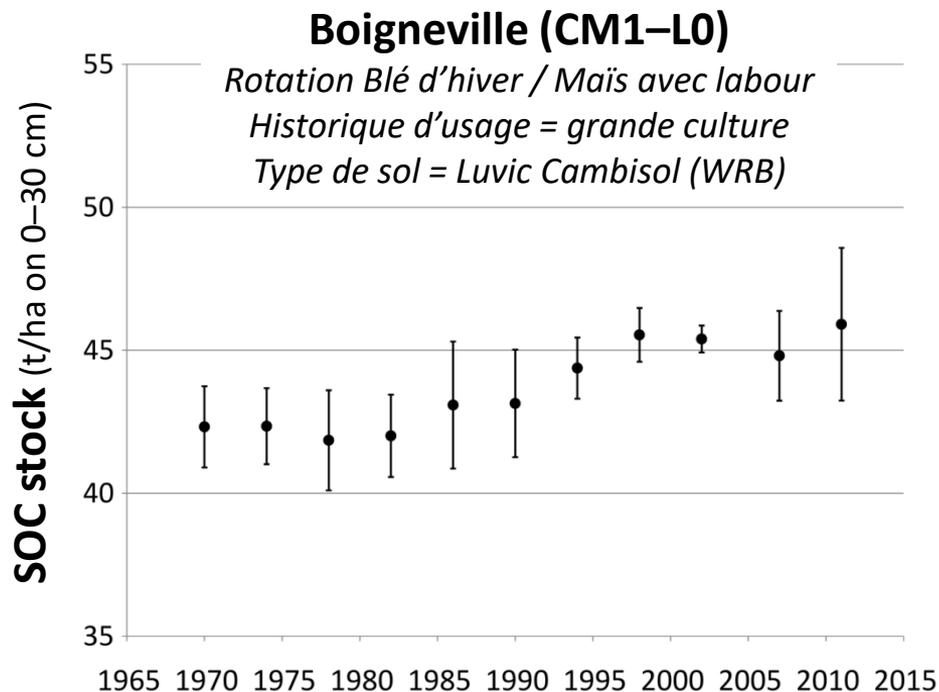
$$Cs/C_0 = ?$$

Valeur optimisée (Ex post)

Pools et flux de COS du modèle AMG

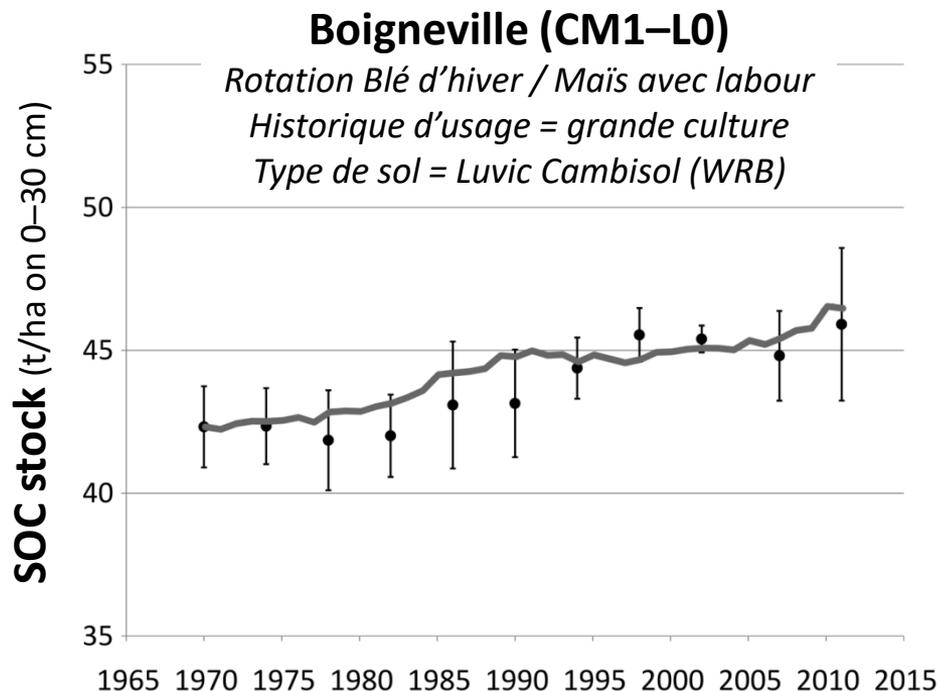
② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



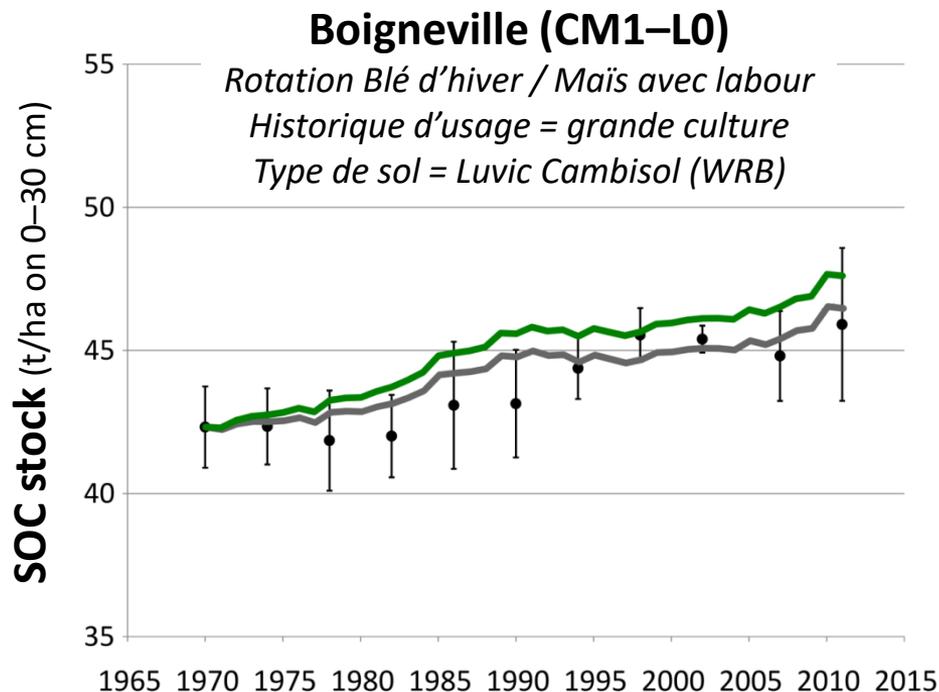
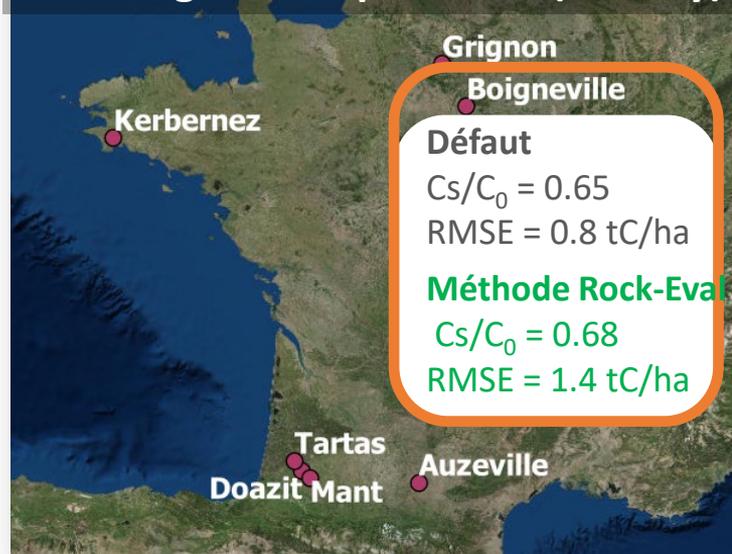
② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



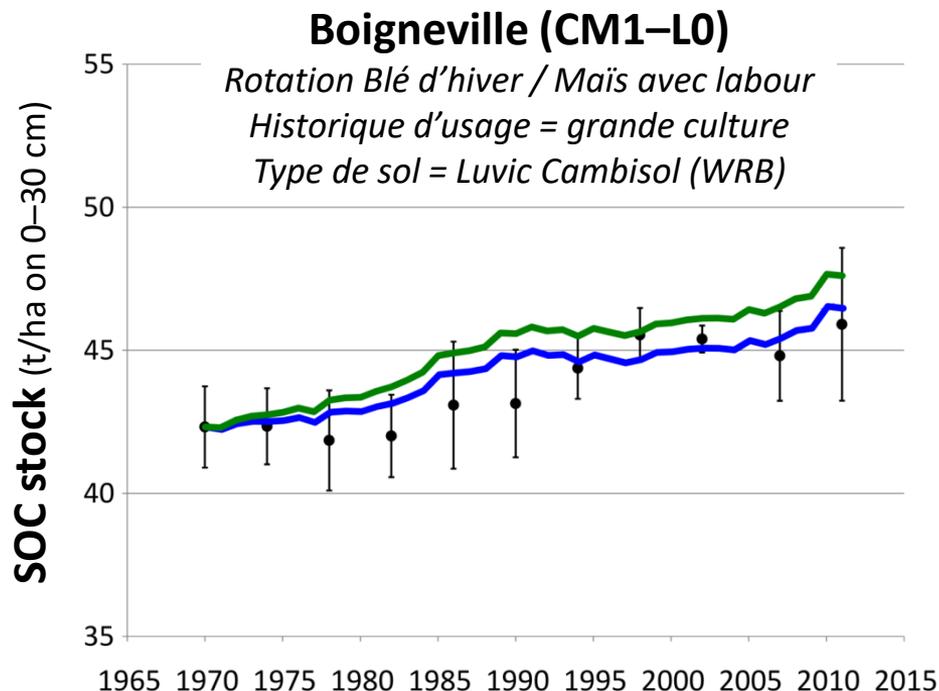
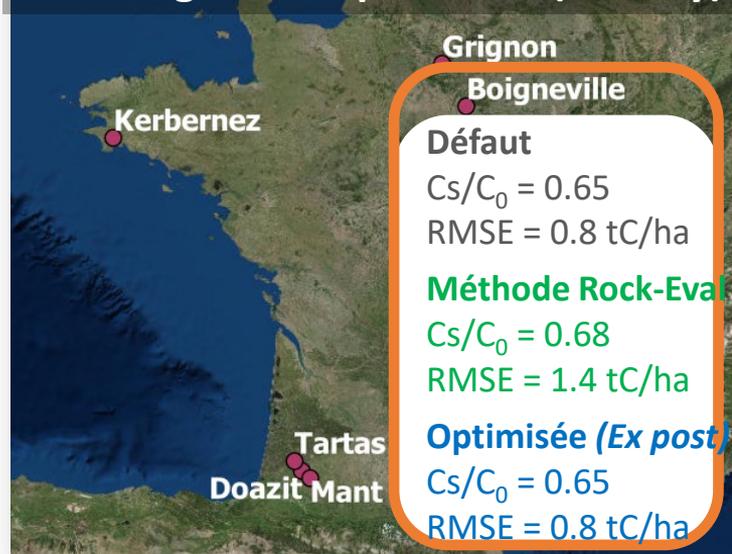
② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



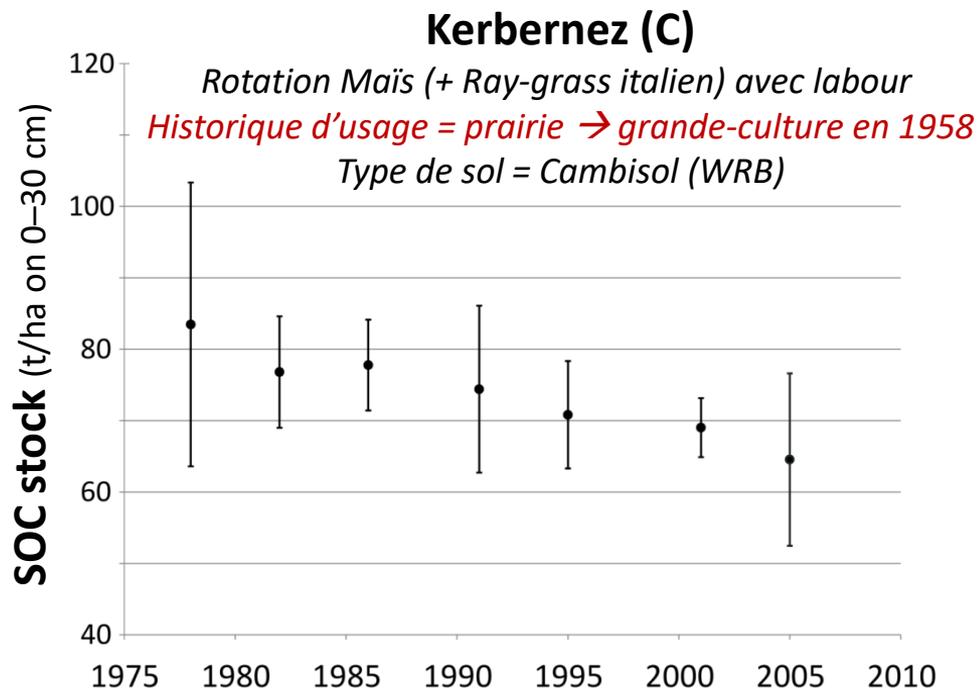
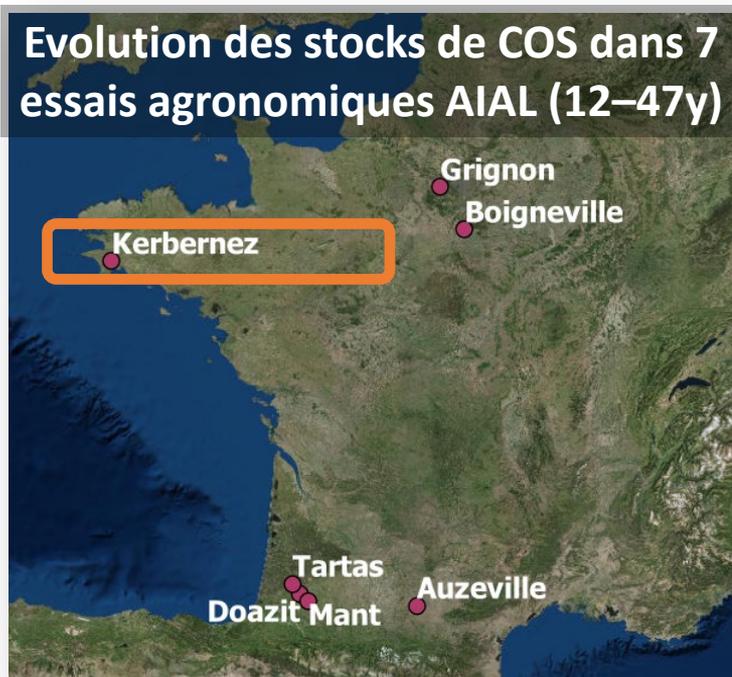
② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



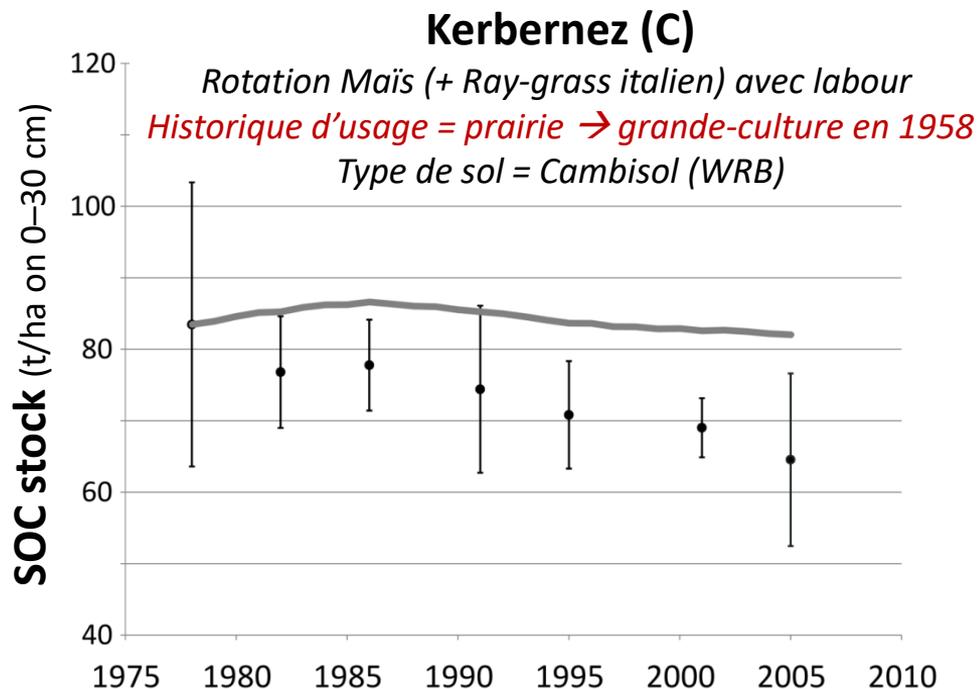
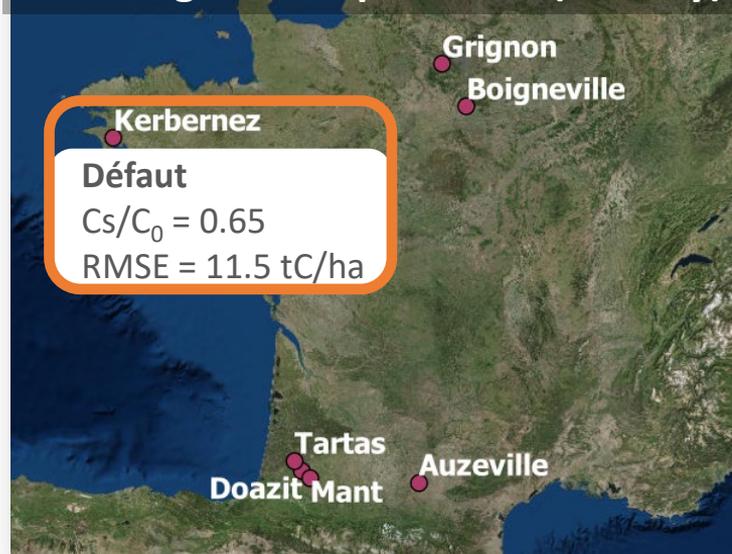
② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



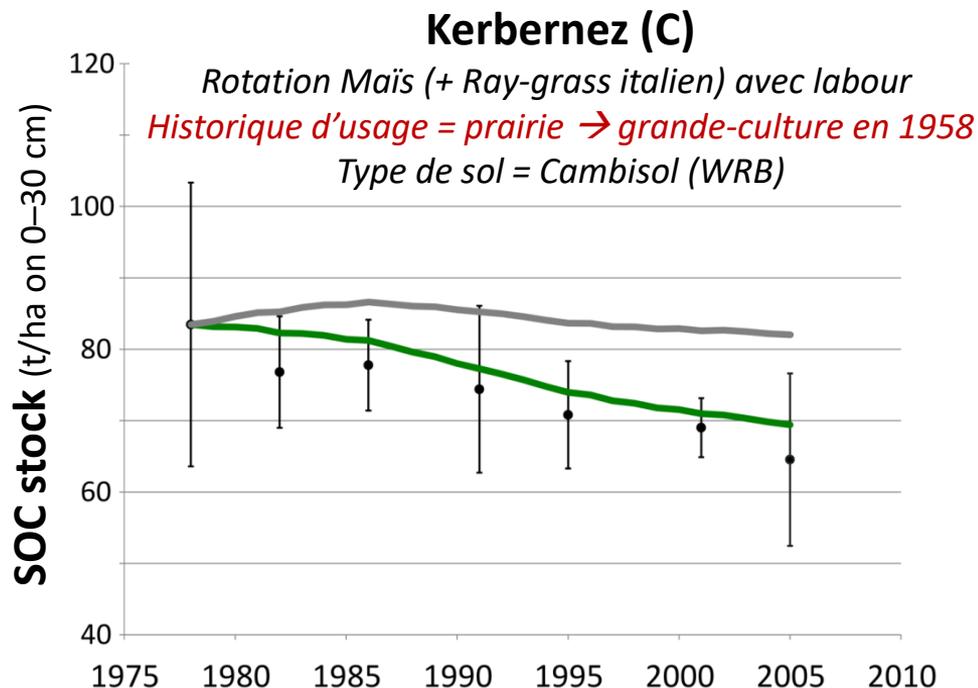
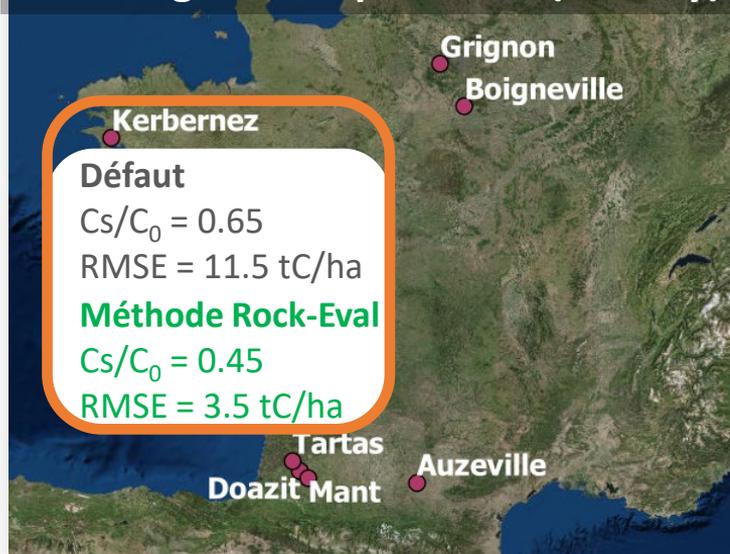
② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



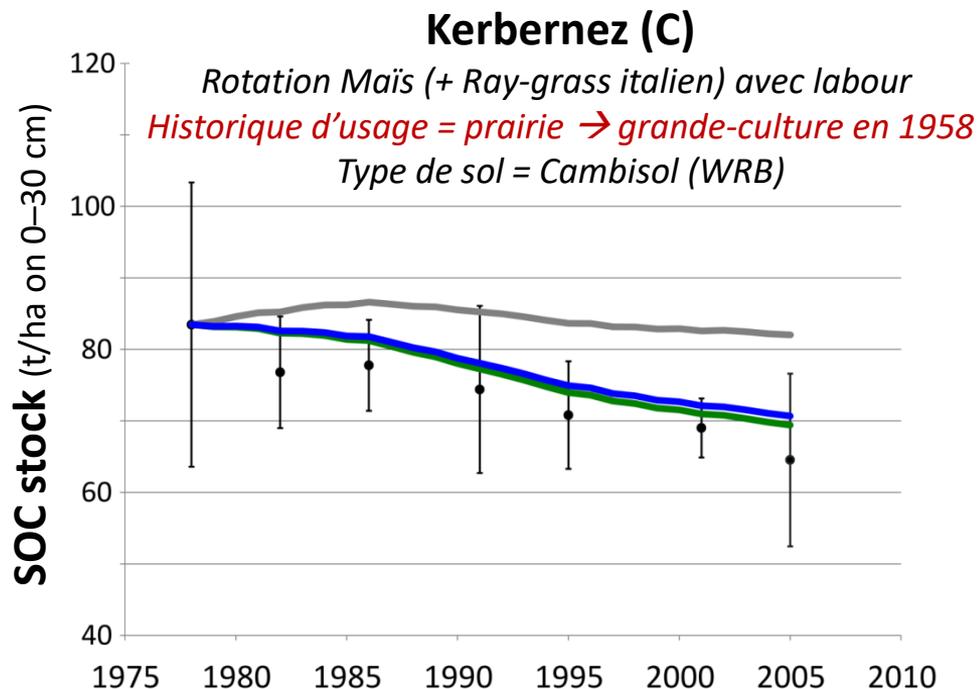
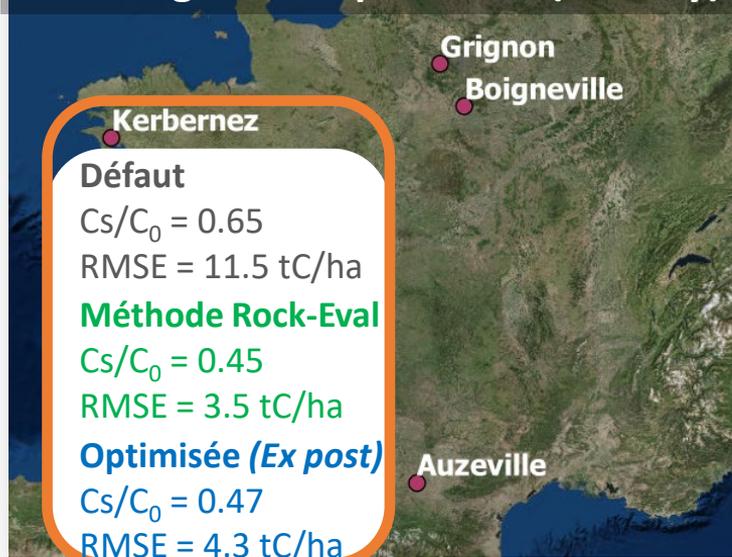
② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



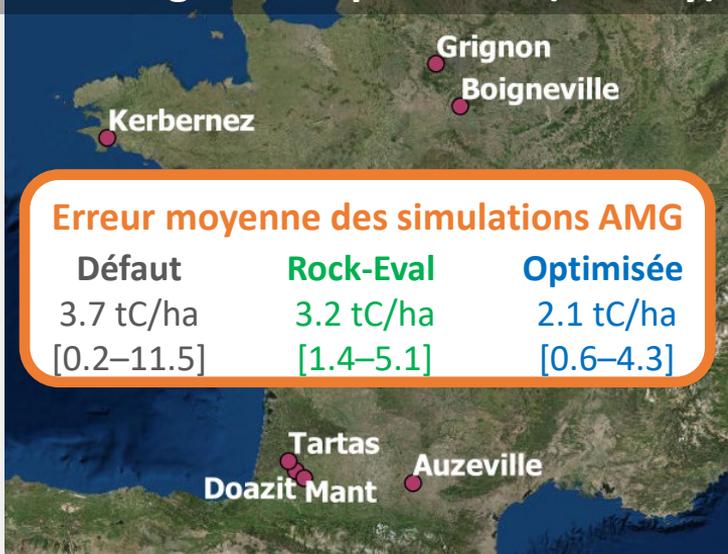
② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)

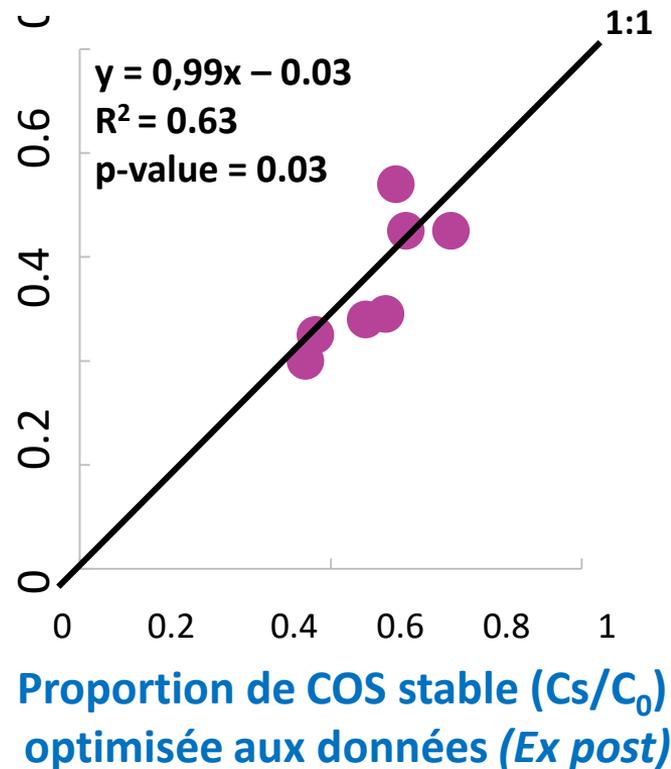


② Quelle amélioration des simulations AMG en initialisant la taille du pool stable du COS par la méthode basée sur l'analyse Rock-Eval ?

Evolution des stocks de COS dans 7 essais agronomiques AIAL (12–47y)



Proportion de COS stable (C_s/C_0)
prédite par Rock-Eval



Conclusions

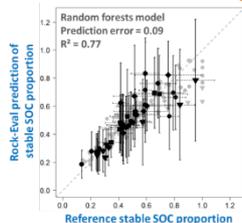
- Le modèle AMG initialisé par la méthode Rock-Eval est plus précis ! 😊
- Particulièrement lorsque l'historique d'usage / de pratiques est complexe

A suivre...

1

Méthode Rock-Eval pour prédire la proportion de COS stable

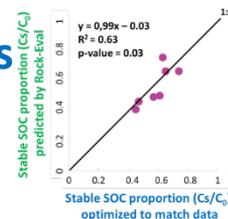
- L'élargir à de nouveaux pédoclimats
- Améliorer les algorithmes d'apprentissage
- Appliquer sur le RMQS (2200 sols)



2

Initialisation de modèles de dynamique du COS par Rock-Eval

- Augmenter le nombre de sites
- Tester d'autres modèles (RothC, ORCHIDEE)
- Tester d'autres milieux (prairies, forêts)



Merci ! ...en particulier à toutes
celles et ceux qui entretiennent
les essais agronomiques de
long-terme

Contact: lauric.cecillon@irstea.fr



© R. Cardinael



© O. Crouzet



© T. Kätterer



Réduire l'incertitude des modèles de dynamique du carbone du sol par l'analyse Rock-Eval

Pierre Barré, Lauric Cécillon, François Baudin, Hugues Clivot, Fabien Ferchaud, Eva Kanari, Bruno Mary, Laure Soucémarianadin, Claire Chenu

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

