

➤ Pertinence du rapport carbone organique/argile comme indicateur national de la santé des sols

E. Rabet¹, N.P.A. Saby¹, M.P. Martin¹, P. Barré², C. Chenu³, I. Cousin¹,
D. Arrouays¹, D. Angers⁴, A. Bispo¹

1 INRAE, Info&Sols, 45075 Orléans, France

2 Laboratoire de Géologie, UMR 8538, Ecole Normale Supérieure, PSL Research University, CNRS, Paris 75005, France

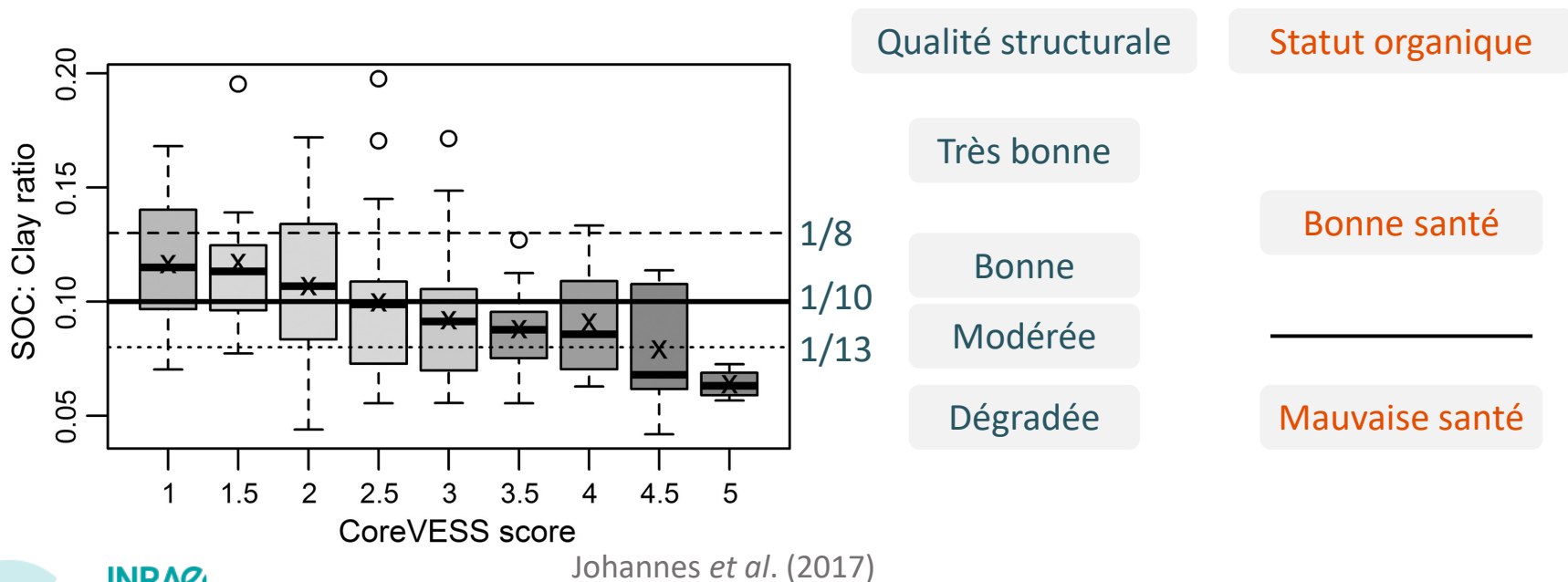
3 UMR ECOSYS, INRAE, AgroParisTech, Université Paris Saclay, 91123 Palaiseau, France

4 Agriculture and Agri-Food Canada, Quebec City, Canada

➤ Introduction

Le rapport carbone organique/argile a récemment été sélectionné comme indicateur du statut organique du sol dans les sols minéraux (< 20 %) gérés, dans le cadre de la loi européenne sur la surveillance des sols.

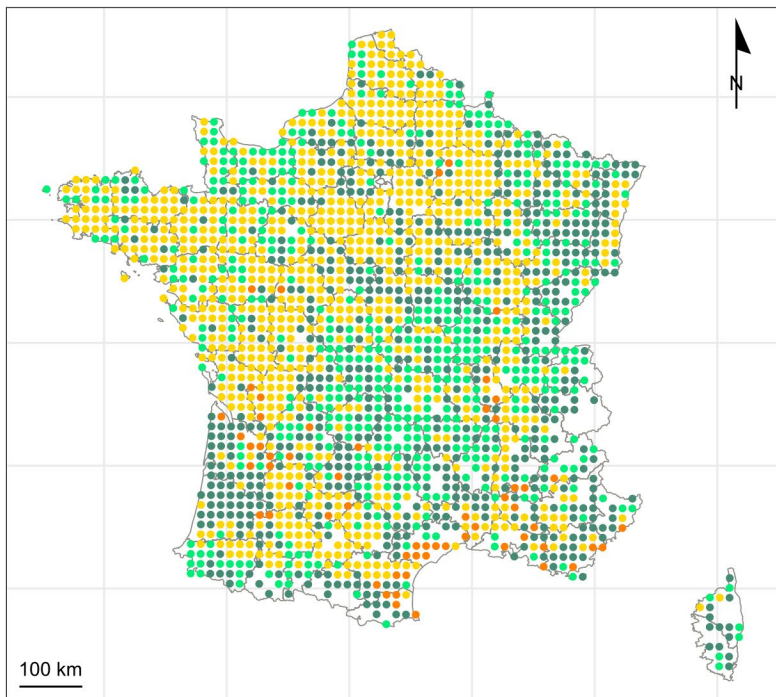
Cet indicateur a été initialement développé pour évaluer la qualité structurale du sol dans une étude locale en Suisse (Johannes *et al.*, 2017), avec les postulats que plus la teneur en argile est élevée, plus il faut de carbone pour observer un niveau de stabilité structurale donné (Feller et Beare, 1997) et que 10 g d'argile permettent de complexer 1 g de carbone organique (Dexter *et al.*, 2008)



➤ Matériel et méthodes

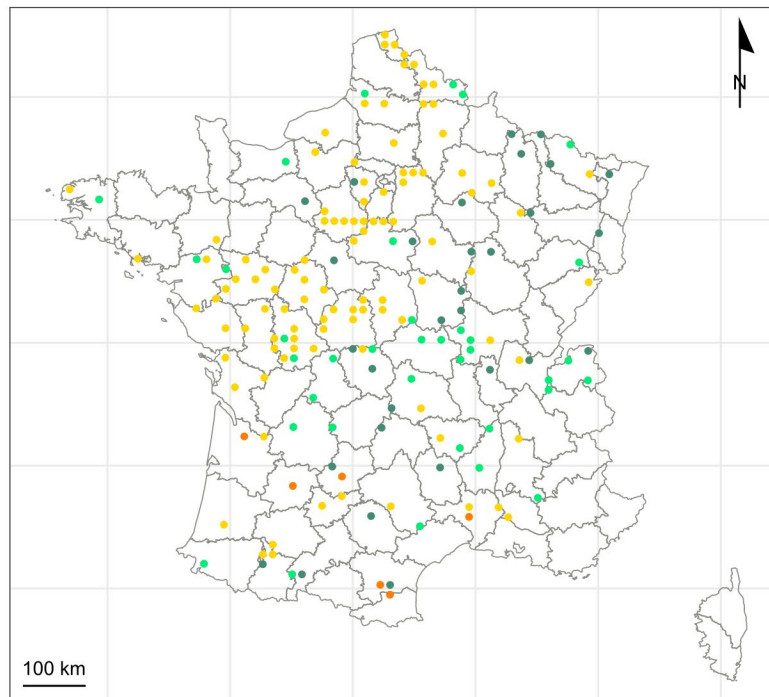
Évaluation à l'échelle nationale dans divers contextes pédoclimatiques en France

RMQS



- Terres arables
- Prairies
- Cultures permanentes
- Forêts

Stabilité des agrégats (174 sites)



Méthode de l'immersion rapide, agrégats de 3 à 5 mm de diamètre (Le Bissonais, 1996)

Mean Weight Diameter (MWD)



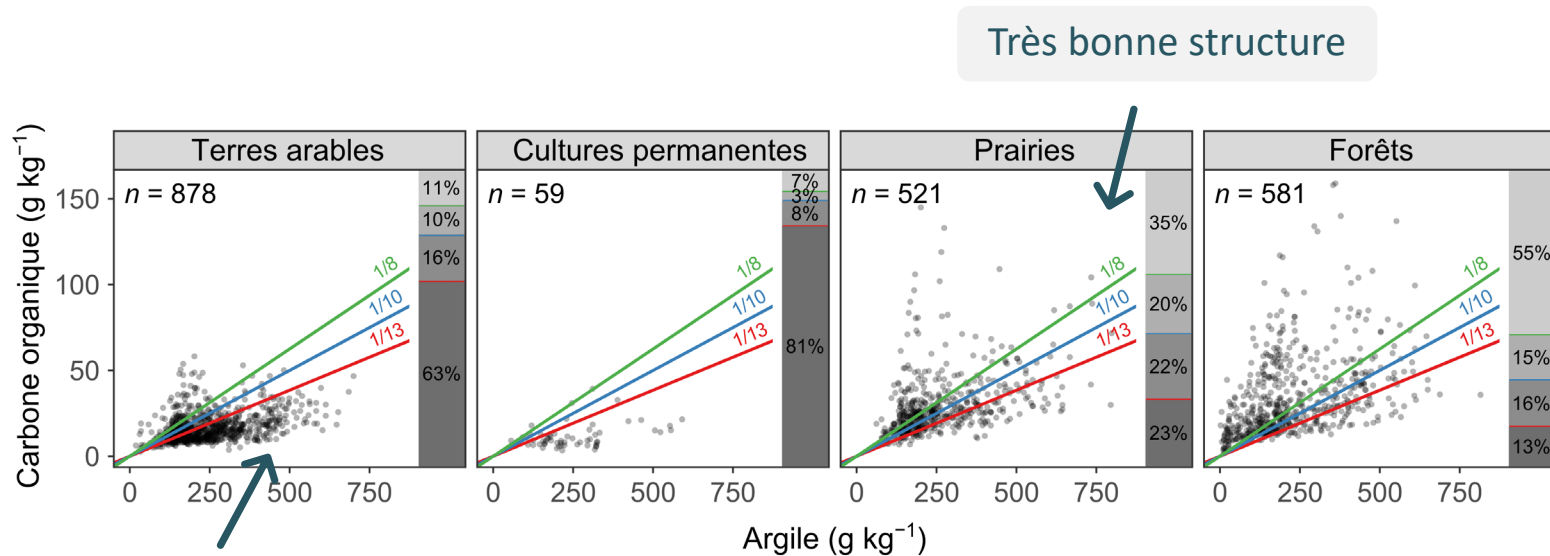
INRAE

Pertinence du rapport carbone organique/argile comme indicateur national de la santé des sols

8 octobre 2024 / GT ForBS COMIFER / E. Rabot

➤ Résultats

Effet de l'usage du sol

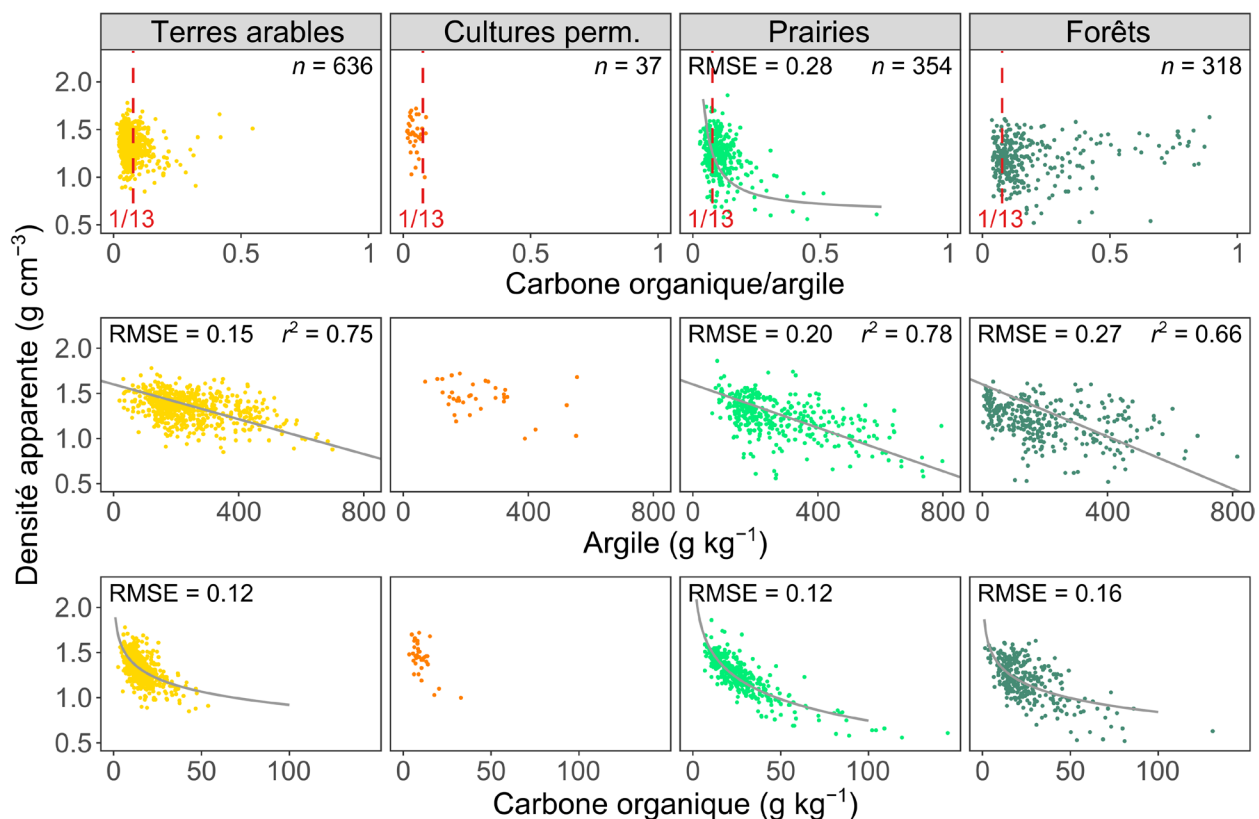


Seuils de Johannes *et al.* (2017)

➤ Résultats

Un indicateur de la structure du sol qui n'est pas meilleur que la teneur en carbone organique

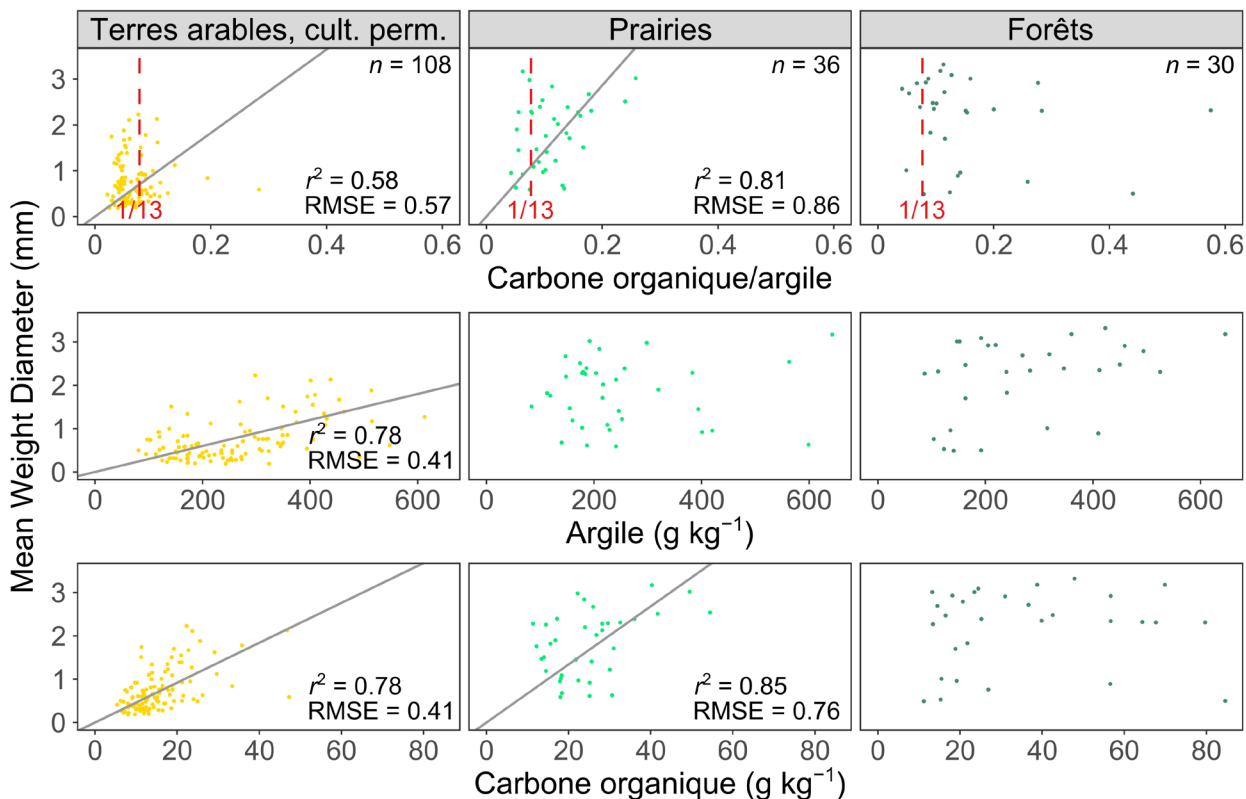
Lorsqu'il est confronté à la densité apparente, pour les sites dont la teneur en éléments grossiers est inférieure à 20 %



➤ Résultats

Un indicateur de la structure du sol qui n'est pas meilleur que la teneur en carbone organique

Lorsqu'il est confronté à la stabilité des agrégats (Mean Weight Diameter)



➤ Résultats

Un indicateur biaisé, avec un effet du type de sol

	Terres arables, cult. perm.	Prairies	Forêts
Al-dominated soils	a	ab	a
Leptosols	abc	a	ab
Other Cambisols	ab	ab	bc
Water-saturated soils	bc	abc	bcd
Luvisols	c	bc	cd
Ca/Mg-dominated soils	d	c	d

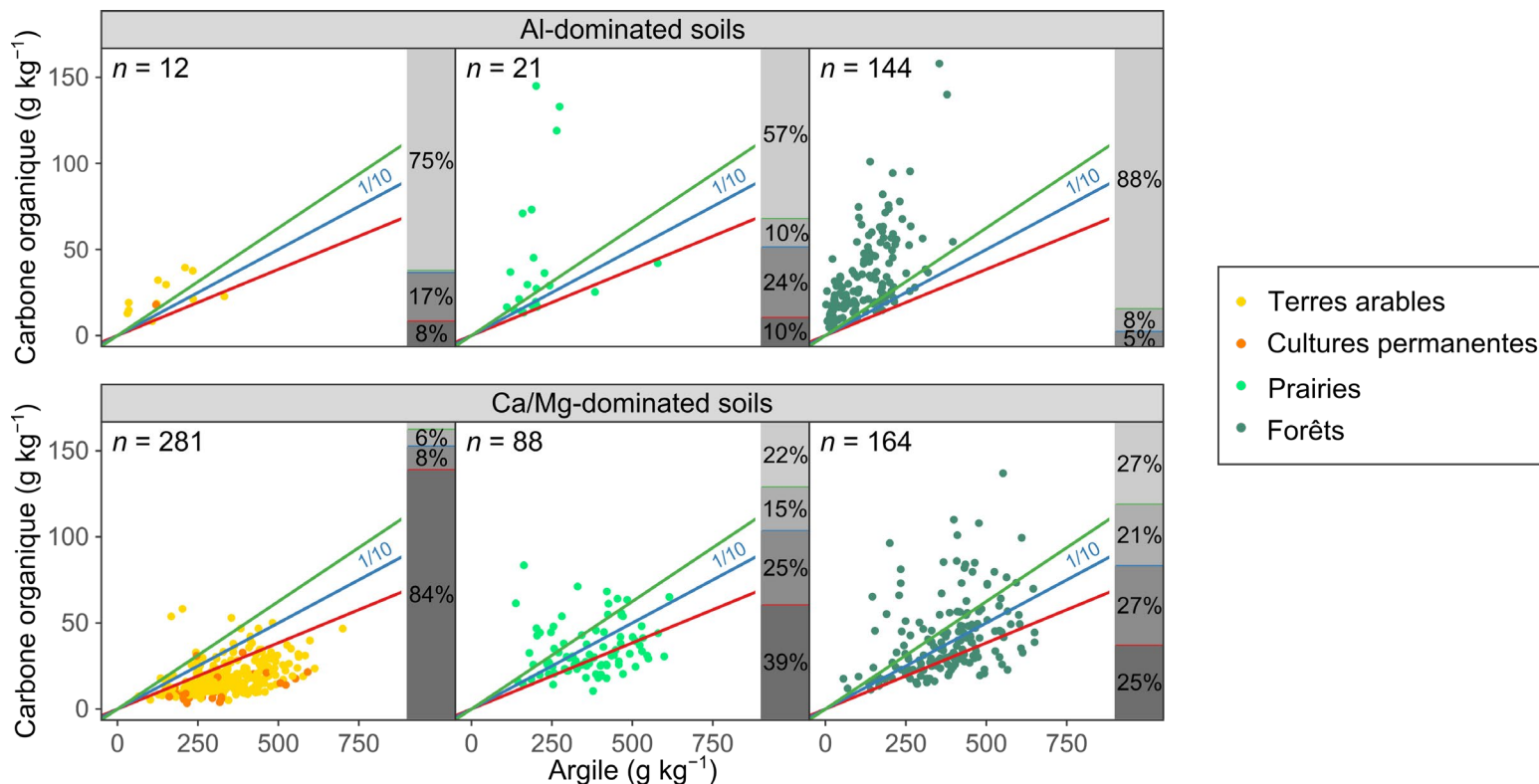
Tendance aux fortes valeurs
(Podzosol, Allocrisol, Andosol)

Tendances aux faibles valeurs
(CALCISOL, CALCOSOL, RENDISOL,
RENDOSOL, MAGNÉSISOL)

Résumé du test de comparaison multiple de Dunn. Les groupes de types de sol suivis de la même lettre ne présentent pas de différence significative à $p < 0,001$

➤ Résultats

Un indicateur biaisé, avec un effet du type de sol



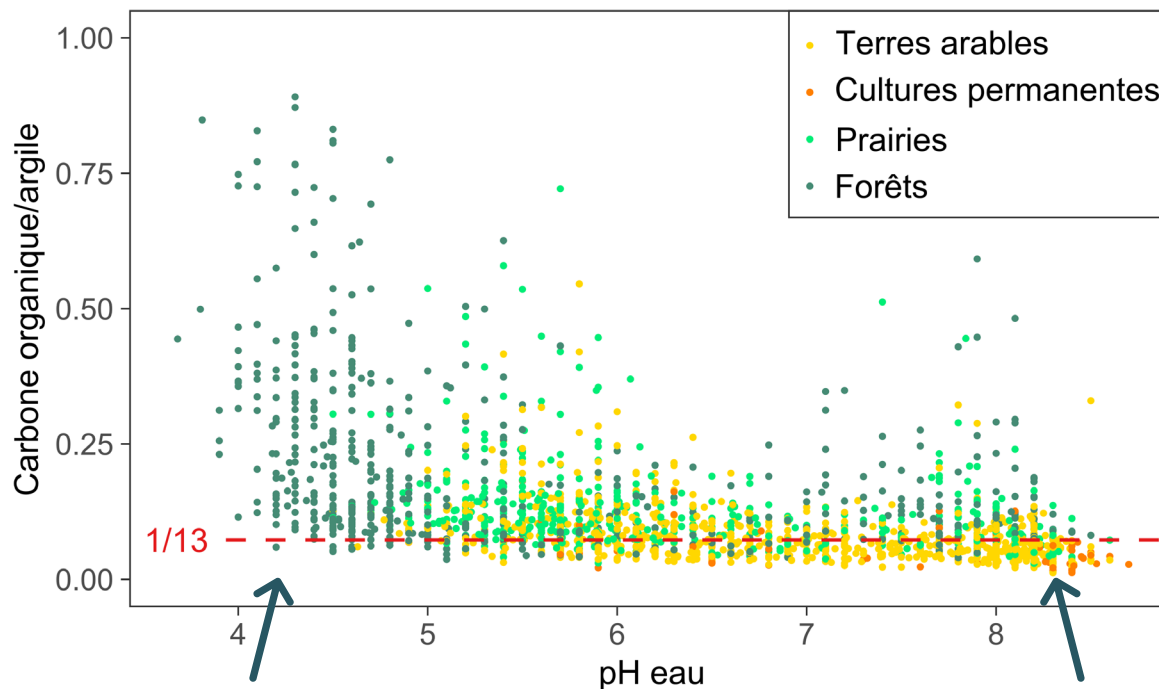
Le seuil de 1/13 a été choisi car il devait permettre de distinguer les sols « gérés » des sols « semi-naturels » (Prout *et al.*, 2021)

> Ce n'est pas le cas pour tous les types de sol

➤ Résultats

Un indicateur biaisé, avec un effet du type de sol

Et particulièrement un effet du pH du sol



Forte valeur pour des Podzolsols ou des Fluvisols sableux, souvent avec une mauvaise qualité structurale

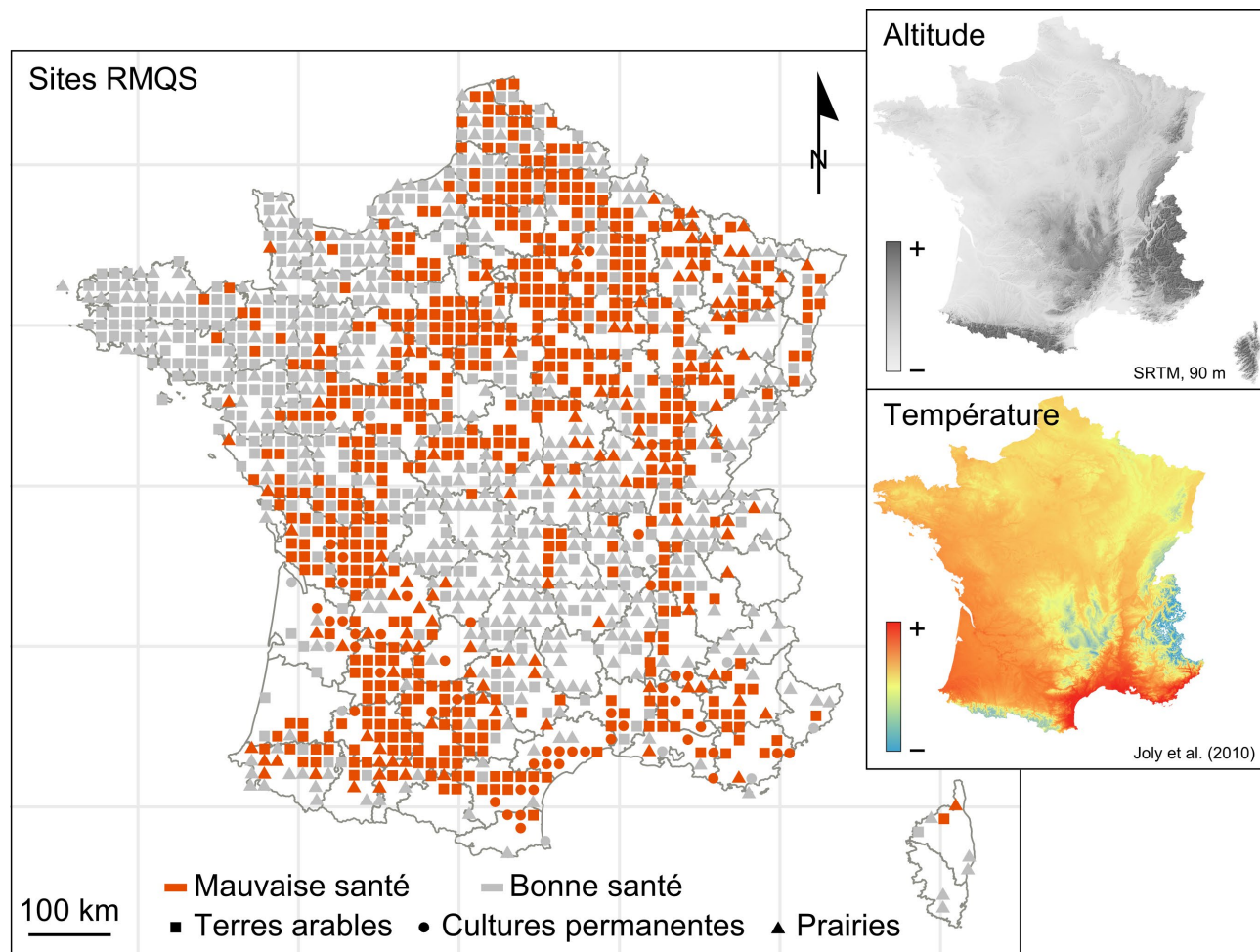
Faible valeur, probablement liée à une analyse granulométrique sans décarbonatation qui pourrait surestimer la fraction argile

➤ Résultats

Situation en France

63% des terres arables,
81% des cultures
permanentes et 23% des
sols de prairies seraient
en mauvaise santé

Le climat semble aussi
avoir un effet (altitude
et latitude)



> Bilan

Le domaine d'applicabilité du rapport carbone organique/argile exclut les sols impliquant d'autres mécanismes de stabilisation du carbone que les associations avec la fraction argileuse, et le climat n'est pas pris en compte

Nous questionnons la pertinence du rapport carbone organique/argile et son seuil proposé de 1/13 comme indicateur de la structure du sol, et plus largement comme indicateur du statut organique des sols pour tous les contextes pédoclimatiques européens

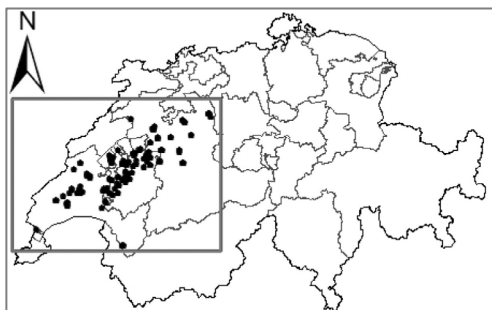
La loi européenne sur la surveillance des sols laisse la possibilité d'appliquer un facteur de correction pour des types de sols et des conditions climatiques spécifiques. Il semble qu'une adaptation du seuil est nécessaire pour la France, car il sera pratiquement impossible d'atteindre le seuil de 1/13 pour certains sols à usage agricole, par exemple sous un climat méditerranéen ou pour des sols à texture argileuse



Discussion

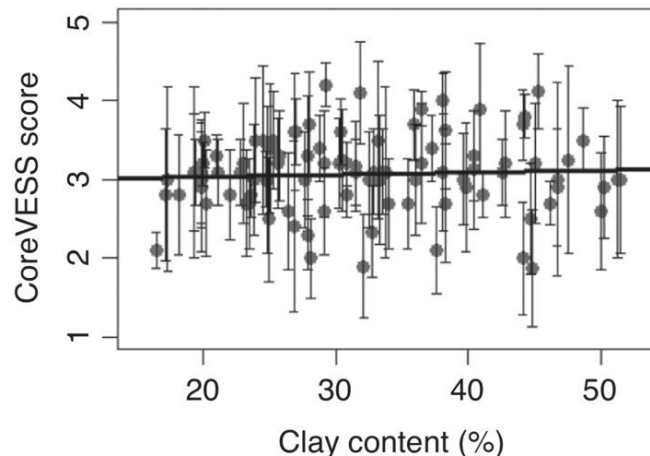
Pourquoi ces conclusions divergentes ?

Johannes et al. (2017) : une étude locale (Cambi-Luvisols)

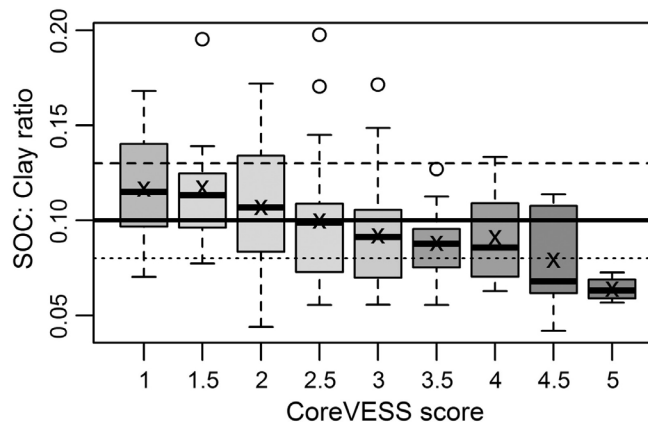
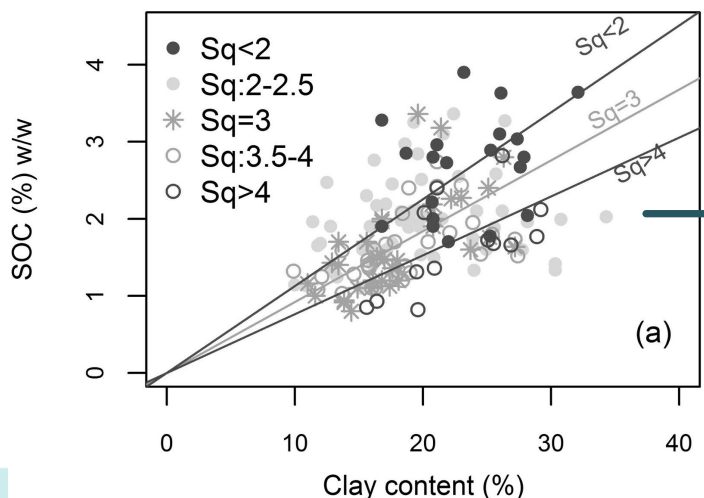


pH 5-8
SOC 8-39 g.kg⁻¹
Argile 99-343 g.kg⁻¹

CoreVESS pas sensible à %A
contrairement à la densité apparente



Un indicateur peu discriminant



Johannes *et al.* (2017, 2021)

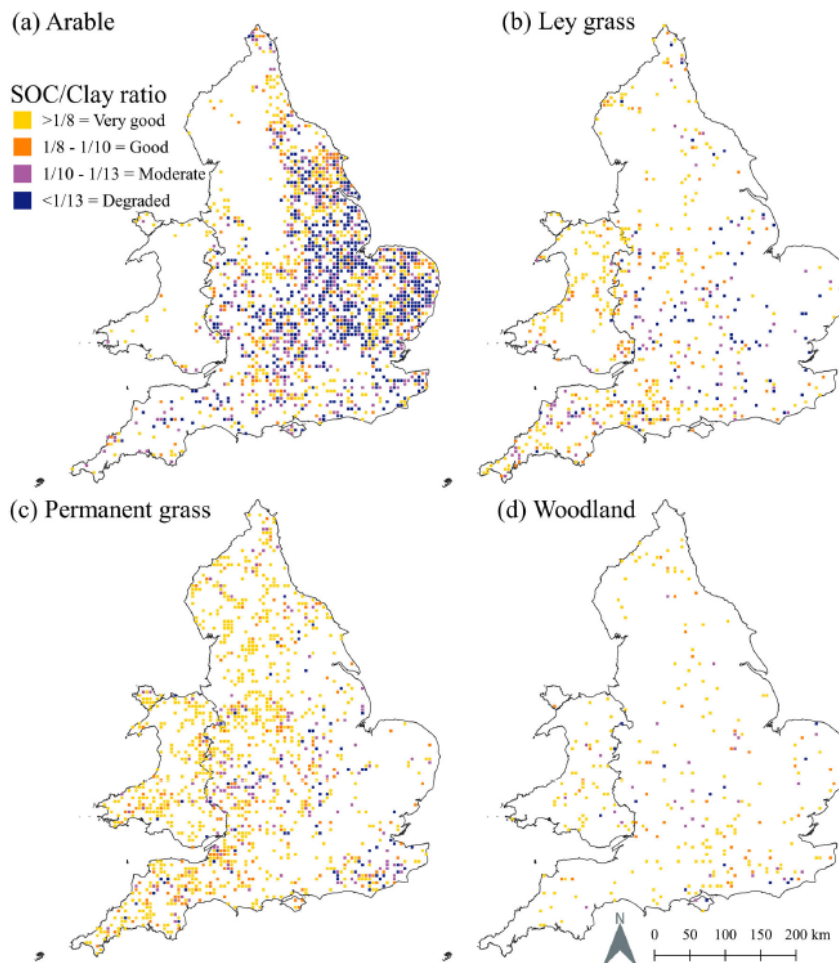
➤ Discussion

Pourquoi ces conclusions divergentes ?

Prout et al. (2021) et Dupla et al. (2021) retirent des sols de l'analyse :

- Les sols de tourbière
- Les sols à texture sableuse
- Les sols à texture d'argile lourde
- Les outliers (rapport carbone/argile supérieur à la valeur du 3^{ème} quartile + 1.5 fois l'intervalle inter-quartile)

Existe-t-il un domaine de validité implicite ?



Prout et al. (2021)



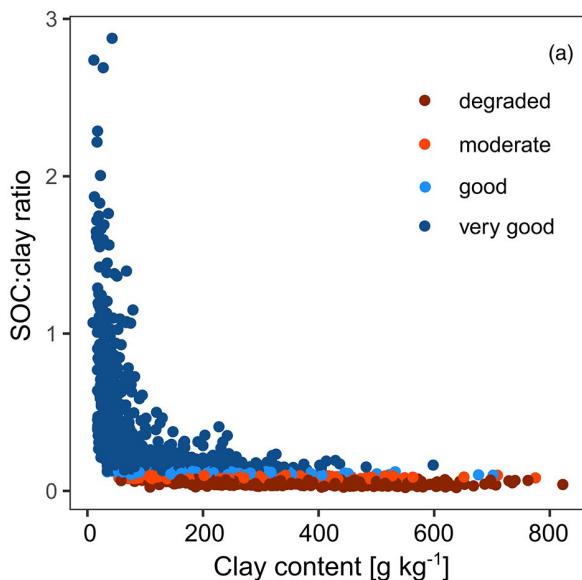
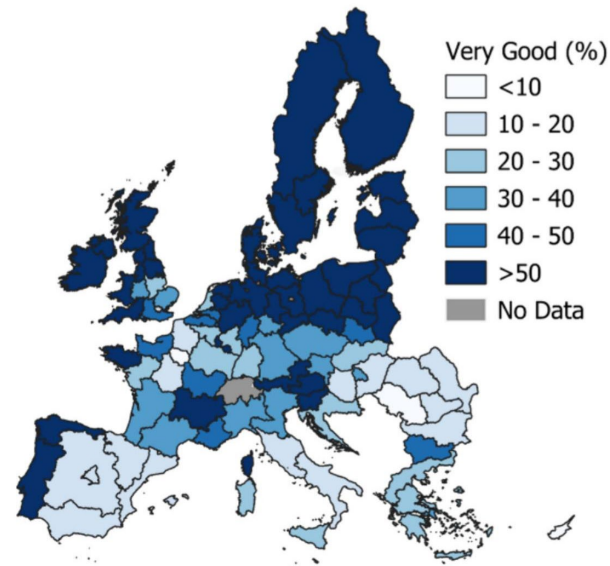
INRAE

➤ Discussion

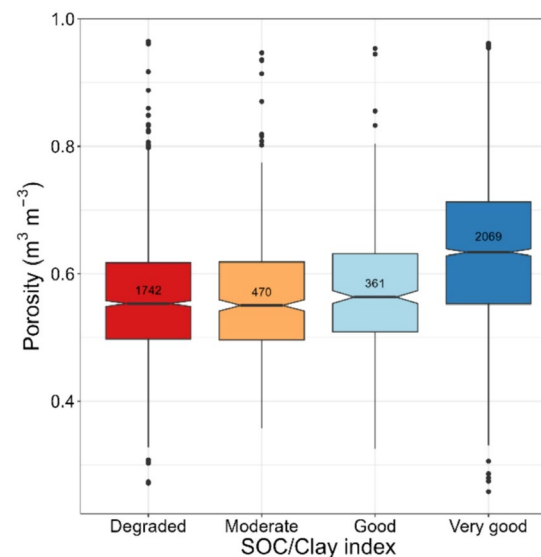
Pourquoi ces conclusions divergentes ?

Poeplau et Don (2023), Mäkipää et al. (2023) et Feeney et al. (2024) concluent que ce n'est pas un bon indicateur du statut organique car :

- Fort biais vis-à-vis de la teneur en argile
- Peu sensible pour les sols sableux ou argileux
- Forte influence du climat à l'échelle de l'Europe
- Pas assez sensible à différents niveaux de porosité



Poeplau et Don (2023)



Feeney *et al.* (2024)

> Discussion

Pourquoi ces conclusions divergentes ?

Sauzet et al. (2024) défendent l'indicateur carbone organique/argile :

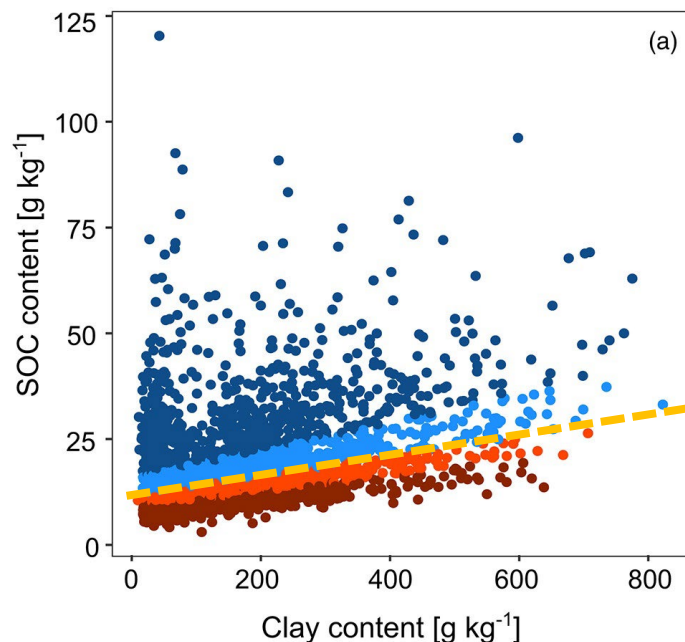
- Épaisseurs de sol différentes entre toutes ces études
- Ce n'est pas un indicateur du statut organique mais de la vulnérabilité de la structure
- Utile pour identifier les agriculteurs pionniers et comprendre comment leurs pratiques peuvent être appliquées à plus grande échelle
- Il ne faut pas conclure que certaines conditions agroclimatiques pourraient limiter l'augmentation des teneurs en carbone organique tant que les exploitations exemplaires n'auront pas été identifiées et leurs pratiques examinées
- Les valeurs seuils ne devraient être réévaluées que s'il est démontré que la qualité moyenne de la structure observée n'est pas conforme aux seuils actuels (ex. : Andosols)



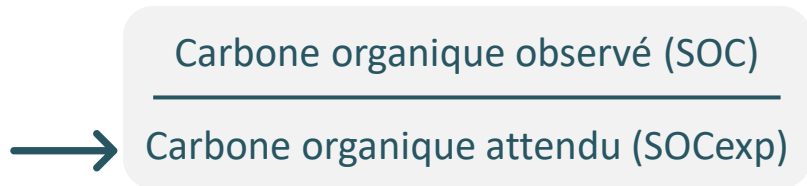
➤ Indicateurs alternatifs récemment proposés

Poeplau et Don (2023)

Valeur moyenne de carbone organique que l'on peut attendre à une certaine teneur en argile, définie à l'aide d'un modèle de régression linéaire



Poeplau et Don (2023), modifié



Quelle quantité de carbone organique est actuellement stockée par rapport à ce que l'on pourrait attendre de la teneur en argile du site

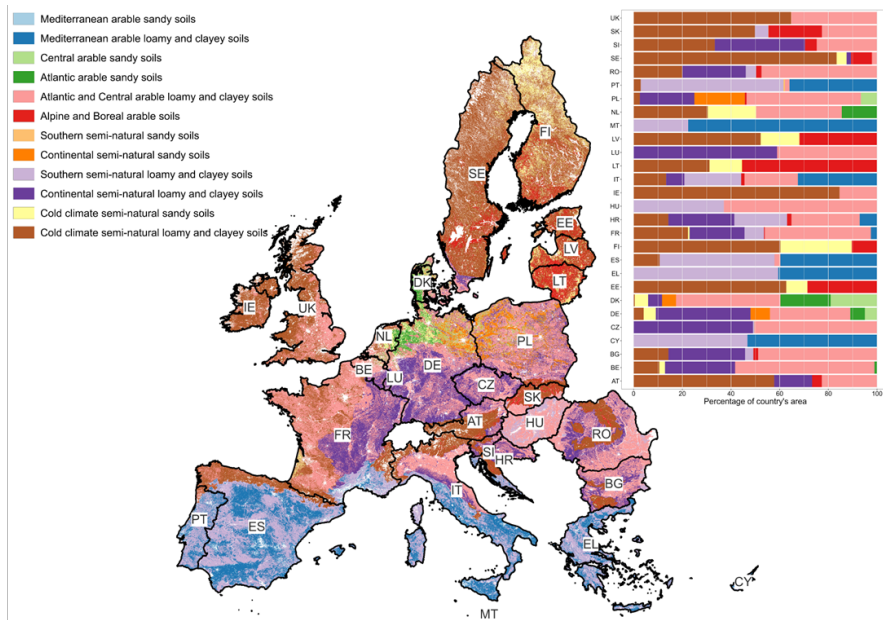
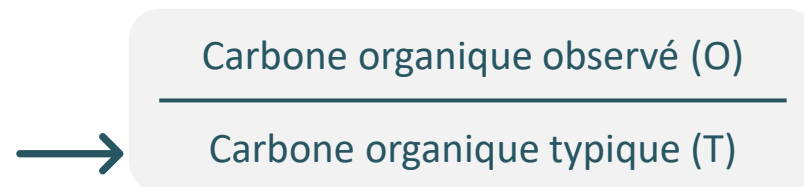
- Pas de biais vis-à-vis de la teneur en argile
- Sensible à différents niveaux de porosité
- Dépend des données utilisées pour la calibration / Régression linéaire à adapter pour chaque zone d'intérêt
- Simplification : la stabilisation du carbone est gouvernée par la teneur en argile



➤ Indicateurs alternatifs récemment proposés

Feeney et al. (2024)

Valeur moyenne de carbone organique dans 12 zones de pédoclimats définies à partir de l'occupation du sol, la région biogéographique et la texture



Feeney *et al.* (2024)

Cette approche normalise les niveaux de carbone organique observés par une valeur moyenne « typique »

- Pas de biais vis-à-vis de la teneur en argile
- Sensible à différents niveaux de porosité
- Dépend des données utilisées pour la calibration



➤ **Merci de votre attention**

