

EVALUATION DU MODELE STICS POUR PREDIRE LES EVOLUTIONS DU CARBONE ORGANIQUE DES SOLS : COMPARAISON AVEC AMG ET INITIALISATION DU CARBONE STABLE PAR ANALYSE THERMIQUE ROCK-EVAL®

Hugues CLIVOT¹, Fabien FERCHAUD², Pierre BARRÉ³, François BAUDIN⁴,
Lauric CÉCILLON^{3,5}, Claire CHENU⁶, Anne-Isabelle GRAUX⁷, Sabine HOUOT⁶,
Eva KANARI^{3,4}, Jérôme LABREUCHE⁸, Florent LEVAVASSEUR⁶, Alain MOLLIER⁹,
Christian MOREL⁹, Françoise VERTÈS¹⁰, Bruno MARY²

¹ Université de Reims Champagne Ardenne, INRAE, FARE, UMR A 614, Reims, France

² BioEcoAgro, INRAE, Université de Liège, Université de Lille, Université Picardie Jules Verne, Barenton-Bugny, France

³ Laboratoire de Géologie, École normale supérieure, CNRS, Université PSL, IPSL, Paris, France

⁴ IStEP, UMR 7193 Sorbonne Université, CNRS, Paris, France

⁵ Normandie Univ, UNIROUEN, INRAE, ECODIV, Rouen, France

⁶ UMR ECOSYS, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Thiverval-Grignon, France

⁷ PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

⁸ ARVALIS Institut du Végétal, Station Expérimentale, Boigneville, France

⁹ INRAE, Bordeaux Sciences Agro, UMR1391 ISPA, Villenave d'Ornon, France

¹⁰ INRAE, Agrocampus Ouest, UMR SAS, Rennes, France

Mots-clés :

Modèle sol-plante, minéralisation, matières organiques, sols cultivés, sols nus

Résumé :

Il est nécessaire de disposer de modèles et d'outils d'aide à la décision simulant de manière précise les dynamiques du carbone organique des sols (COS) afin de mieux prédire les impacts environnementaux des systèmes de cultures. En effet, leur capacité à séquestrer le dioxyde de carbone atmosphérique dans les sols peut jouer un rôle important dans l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et aussi dans la fertilité des sols : leur structure, leurs capacités de rétention en eau et de fourniture des éléments minéraux limitants pour la croissance des plantes comme l'azote.

Le modèle AMG a été évalué sur des systèmes de grandes cultures variés et aux pédoclimats diversifiés en France et en Europe (Clivot et al., 2019; Levavasseur et al., 2020) et s'est montré relativement performant et robuste pour prédire les évolutions du COS à long terme dans ces systèmes. Des travaux récents ont également démontré que l'utilisation de l'analyse thermique Rock-Eval® sur des échantillons de sols permettait d'estimer les fractions actives et stables du COS à l'échelle du siècle (Cécillon et al., 2021). Le paramétrage de ces fractions à l'initialisation du modèle AMG par cette méthode s'est révélé améliorer les performances de prédiction de ce modèle (Kanari et al., 2021). Le modèle AMG nécessite une estimation des entrées de carbone frais dans les sols à partir de rendements mesurés et simule au pas de temps annuel la dynamique du COS. En revanche, le modèle sol-plante STICS, présente l'avantage de simuler, à une échelle temporelle plus fine (journalière), les interactions entre l'atmosphère, les flux d'eau, d'azote et de carbone du sol et la croissance des plantes et donc les restitutions des résidus aériens et racinaires des cultures. Cependant, peu d'études ont concerné l'évaluation des capacités de STICS à prédire les évolutions du COS (Clivot et al., 2020).

Ce travail vise ainsi i) à évaluer les performances de STICS pour prédire les dynamiques du COS dans des essais agronomiques en jachère nue et en sols cultivés, ii) à comparer ses performances avec le modèle simple AMG précédemment évalué, et iii) à tester une initialisation du carbone stable pour ces deux modèles avec l'utilisation de mesures Rock-Eval®.

Les résultats de cette étude montrent que STICS est capable de prédire de manière satisfaisante les stocks de COS dans des essais de long terme en jachère nue et en sols cultivés. La diversité de ces

expérimentations suggère que STICS simule relativement bien la décomposition de la matière organique du sol, la restitution des résidus de culture ainsi que leur minéralisation et « humification » dans la matière organique du sol. Globalement, les performances de STICS sont relativement comparables à celles du modèle AMG. Par ailleurs, l’initialisation des deux modèles par analyse thermique Rock-Eval® permet d’améliorer encore la robustesse de leurs prédictions des dynamiques du COS. Cette amélioration est particulièrement marquée pour les sites présentant un historique complexe avec des changements de pratique ou d’usage des sols relativement récents ou peu connus (exemple **Figure 1-A**), le paramétrage par défaut du modèle étant relativement proche de l’estimation faite par Rock-Eval® pour les autres situations (exemple **Figure 1-B**).

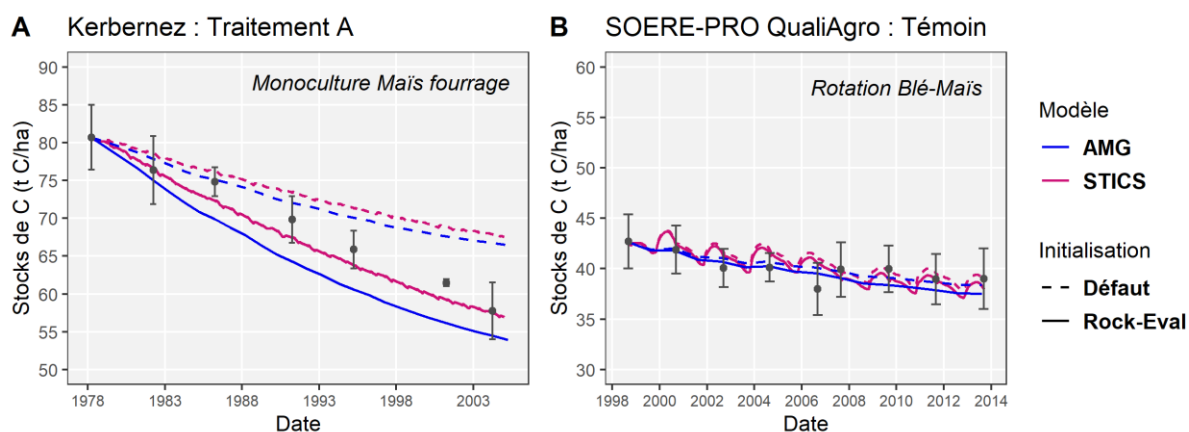


Figure 1 – Évolutions des stocks de carbone organique du sol mesurés pour deux expérimentations de longue durée (moyennes \pm écart-types des stocks de C de l’horizon 0-25 cm pour A et 0-30 cm pour B) et dynamiques simulées par les modèles STICS et AMG avec initialisation du carbone stable en utilisant une valeur par défaut ou estimée par Rock-Eval®.

Cette évaluation du modèle STICS démontre sa capacité à simuler les évolutions du COS dans des essais de longue durée en systèmes de grandes cultures et son utilité pour prédire les impacts environnementaux de changements de pratiques et/ou de climat. Ces changements vont influencer le statut organique des sols et le cycle de l’azote, élément clé qui joue un rôle important dans les bilans agro-environnementaux réalisables par le modèle (*e.g.* fourniture en azote du sol, rendements des cultures, lixiviation de nitrates, émissions de protoxyde d’azote).

Références bibliographiques :

- Cécillon, L., Baudin, F., Chenu, C., Christensen, B.T., Franko, U., Houot, S., Kanari, E., Kätterer, T., Merbach, I., van Oort, F., Poeplau, C., Quezada, J.C., Savignac, F., Soucémarianadin, L.N., Barré, P., 2021. Partitioning soil organic carbon into its centennially stable and active fractions with machine-learning models based on Rock-Eval® thermal analysis (PARTY_{SOCV2.0} and PARTY_{SOCV2.0EU}). *Geosci. Model Dev.* 14, 3879–3898.
- Clivot, H., Ferchaud, F., Levvasseur, F., Houot, S., Graux, A.-I., Cadero, A., Vertès, F., Mollier, A., Duparque, A., Mouny, J.-C., Therond, O., Mary, B., 2020. Simulating soil organic carbon dynamics in long-term bare fallow and arable experiments with STICS model, in: ICROP2020 Symposium - Crop Modelling for The Future, Book of Abstracts - XIIth Stics Users Seminar. Montpellier, France, p. 73.
- Clivot, H., Mouny, J.-C., Duparque, A., Dinh, J.-L., Denoroy, P., Houot, S., Vertès, F., Trochard, R., Bouthier, A., Sagot, S., 2019. Modeling soil organic carbon evolution in long-term arable experiments with AMG model. *Environ. Model. & Softw.* 118, 99–113.
- Kanari, E., Cécillon, L., Baudin, F., Clivot, H., Ferchaud, F., Houot, S., Levvasseur, F., Mary, B., Soucémarianadin, L., Chenu, C., Barré, P., 2021. A robust initialization method for accurate soil organic carbon simulations. *Biogeosciences Discussions* 1–24.
- Levvasseur, F., Mary, B., Christensen, B.T., Duparque, A., Ferchaud, F., Kätterer, T., Lagrange, H., Montenach, D., Resseguier, C., Houot, S., 2020. The simple AMG model accurately simulates organic carbon storage in soils after repeated application of exogenous organic matter. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 117, 215–229.