



Modélisation de l'évolution des stocks de carbone organique dans les sols : travaux et perspectives de recherche autour du modèle AMG

Hugues Clivot, Fabien Ferchaud, Bruno Mary, François Baudin, Lauric Cecillon, Nicolas Delpierre, Bertrand Guenet, Mojtaba Houballah, Eva Kanari, Gwenaëlle Lashermes, et al.

► To cite this version:

Hugues Clivot, Fabien Ferchaud, Bruno Mary, François Baudin, Lauric Cecillon, et al.. Modélisation de l'évolution des stocks de carbone organique dans les sols : travaux et perspectives de recherche autour du modèle AMG. 5e séminaire ResMO, Mar 2024, Semur-en-Auxois, France. 2024. hal-04534024

HAL Id: hal-04534024

<https://hal.inrae.fr/hal-04534024v1>

Submitted on 5 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation de l'évolution des stocks de carbone organique dans les sols

Travaux et perspectives de recherche autour du modèle AMG

Hugues CLIVOT ¹, Fabien FERCHAUD ², Bruno MARY ³, François BAUDIN ⁴, Lauric CÉCILLON ^{5,6}, Nicolas DELPIERRE ⁷, Bertrand GUENET ⁵, Mojtaba HOUBALLAH ⁷, Eva KANARI ^{4,5,8,9}, Gwenaëlle LASHERMES ¹, Julia LE NOÉ ¹⁰, Florent LEVAVASSEUR ¹¹, Marija STOJANOVA ⁵, Antoine VERSINI ¹², Qi WANG ^{5,13}, Pierre BARRÉ ⁵

¹ Université de Reims Champagne-Ardenne, INRAE, FARE, UMR A 614, Reims; ² UMR Eco&Sols, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, IRD, InstitutAgro Montpellier, Montpellier; ³ BioEcoAgro, INRAE, Université de Liège, Université de Lille, Université Picardie Jules Verne, Barenton-Bugny; ⁴ ISTeP, UMR 7193 Sorbonne Université, CNRS, Paris; ⁵ Laboratoire de Géologie, UMR 8538, Ecole Normale Supérieure, CNRS, Université PSL, IPSL, Paris; ⁶ Normandie Université, UNIROUEN, INRAE, ECODIV, Rouen; ⁷ Université Paris-Saclay, CNRS, AgroParisTech, Ecologie Systématique et Evolution, Gif-sur-Yvette; ⁸ EK Department of Forest Sciences, University of Helsinki, Helsinki, Finlande; ⁹ EK Institute for Atmospheric and Earth System Research / Forest Sciences, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, Finlande; ¹⁰ Institut des Sciences de L'Ecologie et de L'Environnement de Paris (CNRS, Sorbonne Université, IRD, INRAE, UPEC, Université Paris-Cité), Sorbonne Université, Paris; ¹¹ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR EcoSys, Palaiseau; ¹² CIRAD, UPRI Recyclage & Risque, Saint-Denis, La Réunion; ¹³ College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Chine

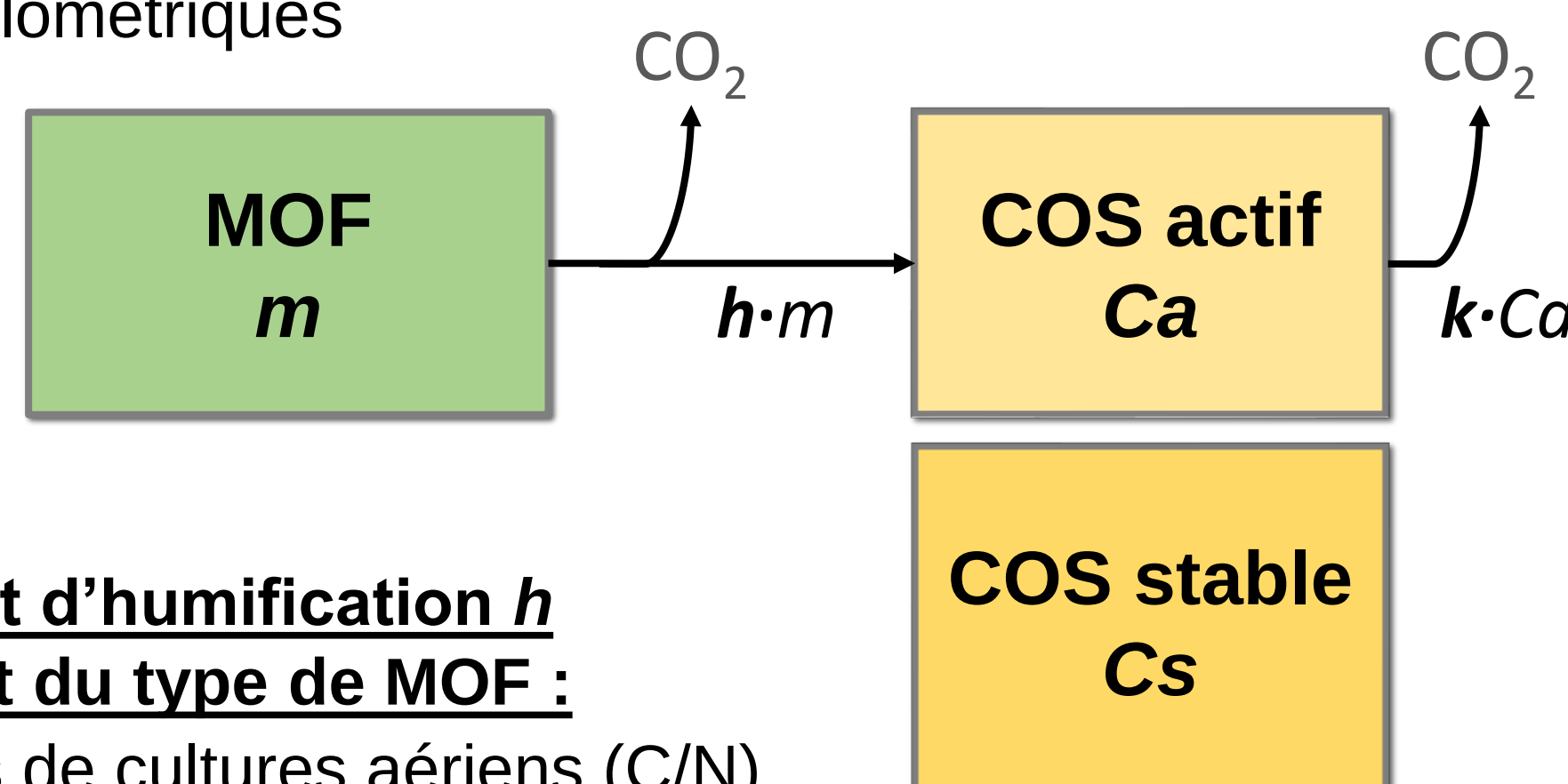
AMG est un modèle simple simulant l'évolution du **carbone organique du sol (COS)** au **pas de temps annuel** et à l'échelle d'une parcelle agricole. AMG a été initialement décrit par Andriulo *et al* (1999) [1] qui ont proposé une évolution du modèle à 2 compartiments d'Hénin-Dupuis (1945) vers un modèle à 3 compartiments de matière organique (MO) incluant :

- la **MO fraîche (MOF)** provenant des résidus de cultures ou d'amendements organiques
- le **COS actif** qui se minéralise et qui est alimenté par la décomposition de la MOF
- le **COS stable** considéré comme inerte à l'échelle du siècle

Entrées de C :

mesurées ou estimées à partir de rendements et de relations allométriques

AMG v2 [2]



Coefficient d'humification h dépendant du type de MOF :

- Résidus de cultures aériens (C/N)
- Résidus et exsudats racinaires
- Produits résiduels organiques [6]

Taux de minéralisation k dépendant de :

- Température
- Bilan hydrique (Pluies+Irrig.-ETP)
- Teneurs en argile et CaCO₃
- pH et C/N du sol
- + Entrées de C (v3 `priming`) [7]

Options pour l'initialisation de la taille du COS stable :

- Proportion par défaut pour un historique de long terme : en grandes cultures = 0,65 et en prairie = 0,40
- Rock-Eval® + PARTYsoc [5,8,9]



AMG v2 a été évalué sur 122 traitements expérimentaux en grandes cultures ou jachères nues de longue durée, répartis sur 28 sites en France et en Europe [2,3,6]. AMG v2 a montré de très **bonnes capacités de prédiction des dynamiques du COS** dans divers contextes agropédoclimatiques avec des erreurs relatives moyennes **RRMSE entre 5 et 10 %**, proches de l'incertitude de mesure sur les stocks de COS. Des travaux sur des essais en France [5] et en Chine [9] ont également montré que les prédictions du modèle pouvaient être améliorées en **initialisant le COS stable** via une estimation dérivée d'une analyse thermique de sol **Rock-Eval®**.

Des travaux en cours visent à consolider l'approche combinant **AMG et Rock-Eval®** sur une gamme étendue de situations pédoclimatiques avec un **modèle de prédiction du COS stable (PARTYsoc v3) spécifiquement dédié au modèle AMG** [8].

Limites actuelles - Perspectives

Des **limites** du modèle ont été identifiées en **systèmes tropicaux**, en particulier pour les **andosols** et les systèmes recevant d'importants apports de MO exogènes, dont certains montrent un **stockage de C important en profondeur** (Versini *et al*, *in prep*).

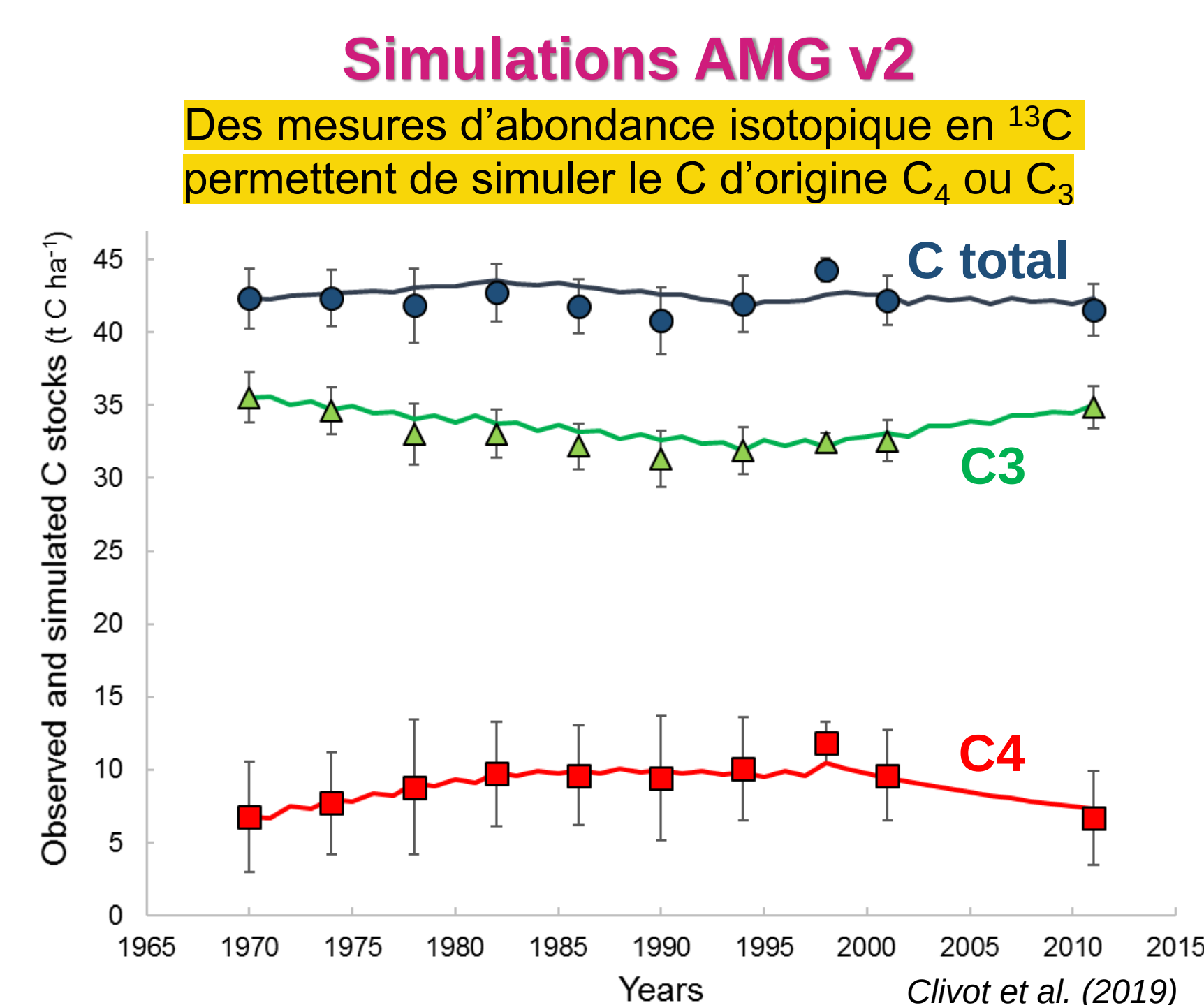
- ✓ La prise en compte des **propriétés minéralogiques** de ces sols, des **transports verticaux de MO** dans le sol, ainsi que la **simulation des horizons profonds** sont des pistes identifiées d'amélioration du modèle.
- ✓ Une version modifiée (**AMG v3**), incluant un **effet priming** et une **discretisation verticale des entrées de C** [7], doit être plus largement évaluée et représente une opportunité de simuler aussi bien les horizons de surface que les horizons en profondeur avec des entrées de C et un fonctionnement biologique différenciés.

AMG a été initialement développé pour simuler des systèmes de grandes cultures, le modèle n'est donc actuellement **pas adapté pour simuler les dynamiques du COS dans d'autres écosystèmes terrestres**.

- ✓ Des travaux en démarrage s'intéresseront à identifier si les sols de différents écosystèmes terrestres diffèrent dans leur **fonctionnement microbien** et, avec l'appui de modèles mécanistes, à évaluer la possibilité d'**adapter et transposer l'approche AMG** pour représenter les dynamiques du COS dans les **prairies** et les **forêts**, dans la continuité de travaux récemment engagés [4].

Références :

- Andriulo *et al* (1999) *Agronomie*, 19(5), 365-377 <https://doi.org/10.1051/agro:19990504>
- Clivot *et al* (2019) *Environmental modelling & software*, 118, 99-113. <https://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.04.004>
- Farina *et al* (2021) *Global Change Biology*, 27(4), 904-928. <https://dx.doi.org/10.1111/gcb.15441>
- Houballah *et al* (2023) *EGU General Assembly*. <https://dx.doi.org/10.5194/egusphere-egu23-8046>
- Kanari *et al* (2022) *Biogeosciences*, 19(2), 375-387. <https://dx.doi.org/10.5194/bg-19-375-2022>
- Levavasseur *et al* (2020) *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117, 215-229. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10065-x>
- Mary *et al* (2020) *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 299, 106972 <https://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2020.106972>
- Stojanova *et al* (2024). *EGU General Assembly*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-11107>
- Wang *et al* (2023) *Journal of Environmental Management*, 345, 118850. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118850>



Simulations AMG v3

La v3 permet de représenter les dynamiques du COS dans les différentes couches d'un sol en non labour

