

CALIBRATION DU MODÈLE CENTURY POUR UN CONTEXTE AGRICOLE FRANÇAIS

Y. Chen, G. Naves Maschietto, A.B. Bisinella de Faria, M. Orvain, M.P. Jaffrezic, D. Chenu, M. Poitrenaud J. Le Stum, M. Albuquerque

1. Introduction

Dans le modèle agricole français actuel, où l'agriculture intensive est largement pratiquée, les sols subissent de plus en plus de dégradation, parmi lesquelles une perte de matière organique (MO) pourtant indispensable au fonctionnement des cycles biogéochimiques des sols. Par ailleurs il est plus que nécessaire de rationaliser l'usage de ressources non renouvelables telles que les engrais de synthèse pour des raisons environnementales et économiques. L'utilisation de matières organiques d'origine résiduaire telles que les composts répond à ces deux enjeux, enrichissant le sol en MO stable tout en contribuant à la fertilisation des cultures. Il importe cependant de bien maîtriser la dynamique de minéralisation de la matière organique apportée par les composts afin de prédire l'évolution de la MO du sol sur le long terme et la disponibilité en éléments fertilisants tout au long du développement des cultures.

Le modèle de simulation Century [Parton *et al.*, 1987] permet de prédire les dynamiques du carbone (C), de l'azote (N), du phosphore (P) et du soufre (S) dans le sol. Une version récente de Century développée spécifiquement pour simuler l'apport de différents types de composts intègre l'Indice de Stabilité de la Matière Organique (ISMO) [Lashermes *et al.*, 2009] et simule la dynamique du potassium (K) dans le système sol-plante à la place du soufre.

Afin de valider les prédictions pour le contexte français d'épandage de compost en grandes cultures, ce modèle de simulation - utilisé préalablement dans le contexte américain - doit être calibré et validé, à l'aide de jeux de données expérimentales issus d'essais au champ. Cela est nécessaire parce que, d'une part, certaines données d'entrée du modèle n'ont pas de valeur directe étant donné que certains aspects de la réalité ne sont pas mesurables et, d'autre part, parce qu'il existe un écart entre les résultats simulés réels et les données observées. Une analyse de sensibilité et une première calibration ont été réalisées par [Yebli *et al.*, 2017] en considérant les données de 3 essais au champ (QualiAgro (78), Colmar (68) et la Pouéze (49)). Afin d'améliorer cette première calibration, et notamment les résultats de prédiction du P, ce travail propose une nouvelle calibration en ajoutant des données de 2 autres essais au champ : EFELE (35) et La Bouzule (54). Des nouveautés implémentées concernent aussi la considération d'un nouvel ensemble de paramètres et d'une approche plus efficace d'exploration de valeurs à affecter à ces paramètres.

2. Méthodologie

L'objectif de la calibration est de déterminer les valeurs de 12 paramètres identifiés comme sensibles à la modélisation de la dynamique du P dans le sol. Ces valeurs sont déterminées de façon à minimiser l'erreur de prédiction de Century, ou la différence entre les résultats de la simulation et les données d'observation. Cette erreur est estimée par la moyenne de l'erreur absolue entre chaque point d'observation et de simulation. Pour calibrer le modèle Century, les données de 5 essais au champ utilisées représentent 44 scénarii. Parmi eux, 34 ont été utilisés pour la calibration et 10 pour la validation. Pendant la calibration, l'évaluation de l'erreur de prédiction avec chaque nouvel ensemble de valeurs oblige de lancer le simulateur pour chaque scénario, ce qui signifie 3 minutes par évaluation.

Une optimisation basée sur la substitution est utilisée pour réduire ce temps de calcul et faciliter le test de différents ensembles de valeurs de variables. Dans cette approche, le modèle Century est remplacé par une approximation capable d'évaluer les 34 scénarii en moins d'une seconde. Une fonction de base radiale est choisie pour l'approximation de Century pour être une approche populaire (Bhosekar et Lerapetritou, 2017) et performante (Müller et Shoemaker, 2014). De plus, l'impact du choix de différentes fonctions du noyau est évalué et la meilleure fonction choisie.

Les coefficients d'interpolation sont initialement définis sur l'échantillonnage créé par hypercube latin. Cette méthode permet de bien représenter la surface d'exploration avec un nombre limité d'échantillons. Chaque échantillon est représenté par un ensemble de valeurs de paramètres à calibrer et par une valeur d'erreur de prédiction. Ensuite, la meilleure solution trouvée par

l'échantillonnage est utilisée pour le démarrage d'une procédure d'optimisation par essais particuliers qui cherche à minimiser l'erreur de prédiction.

3. Résultats

En utilisant les paramètres obtenus par l'algorithme d'optimisation, par rapport à l'ancienne calibration, l'erreur de prédiction de Century est réduite en moyenne de 32,5% pour le P dans le sol sans affecter considérablement l'erreur d'estimation des autres éléments. Les 10 scénarii utilisés pour la validation confirment ces résultats.

Les figures 1.a et 1.b représentent la teneur en P dans le sol pour les deux cas de validation de l'essai QualiAgro. Les points violets correspondent aux données mesurées au champ, les courbes orange et verte représentent, respectivement, les résultats prédits avec la calibration 2017 et ceux prédits avec la nouvelle calibration 2018. Ces figures montrent que les dynamiques des points d'observations sont mieux représentées par les nouvelles courbes de prédiction de Century.



a) parcelle témoin avec faible fertilisation azoté

b) parcelle avec épandage de compost de boue et déchet vert avec faible fertilisation azoté

Figure 1 : Teneurs en P dans le sol QualiAgro, résultats calibration 2017 (orange) et 2018 (vert)

4. Remerciements

Ce travail a été développé dans le cadre du projet SmartAgriculture, financé par Veolia, en partenariat avec: SEDE, ADS, INRA-ECOSYS, SOERE-PRO, Réseau-PRO et essai Arvalis-Terena-VERI.

5. Références

Parton, W. J., Schimel, D. S., Cole, C. V., & Ojima, D. S. (1987). Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 51(5), 1173-1179.

Lashermes, G., Nicolardot, B., Parnaudeau, V., Thuriès, L., Chaussod, R., Guillotin, M. L., ... & Houot, S. (2009). Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. *European Journal of Soil Science*, 60(2), 297-310.

Bhosekar, A., and Irapetritou, M.,. Advances in surrogate based modeling, feasibility analysis and optimization: A review. *Computers & Chemical Engineering*, 2017.

Müller, J., and Shoemaker, C. A. Influence of ensemble surrogate models and sampling strategy on the solution quality of algorithms for computationally expensive black-box global optimization problems. *Journal of Global Optimization*, 60(2):123144, Oct 2014.

Yebli, P. B., Maschietto, G.N., De Faria, A.B.B., Orvain, M., Revallier, A., Montenach, D., Watteau, F., Morvan, T., Houot, S., Michaud, A., Bouthier, A., Guillouais, S., & Montebran, F. (2017). Simulation des dynamiques des éléments carbone azote phosphore et potassium sur le long terme dans un contexte français d'épandage de Produits Résiduaux Organiques - Calibration du modèle Century. 13èmes Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse, 8-9 novembre 2017.