



HAL
open science

PaSiM et FarmSim. Modélisation des flux de carbone, d'azote, d'eau et d'énergie en prairie à l'interface sol – végétation – animaux – atmosphère

Raphaël Martin, Romain Lardy

► To cite this version:

Raphaël Martin, Romain Lardy. PaSiM et FarmSim. Modélisation des flux de carbone, d'azote, d'eau et d'énergie en prairie à l'interface sol – végétation – animaux – atmosphère. Elevage et environnement en régions chaudes, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Montpellier, FRA., Jun 2011, Sète, France. 3 p. hal-02748693

HAL Id: hal-02748693

<https://hal.inrae.fr/hal-02748693>

Submitted on 3 Jun 2020

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.

PaSiM et FarmSim

Modélisation des flux de carbone, d'azote, d'eau et d'énergie en prairie à l'interface sol – végétation – animaux – atmosphère

Raphaël MARTIN

Romain LARDY

INRA UREP 63100 Clermont-Ferrand

raphael.martin@clermont.inra.fr

Une des attentes forte de la société et des décideurs politiques est de mieux comprendre et de pouvoir anticiper les réponses des agro-écosystèmes aux changements climatiques et atmosphériques anticipés. La prévision sur le long-terme de ces impacts sur la contribution des agro-écosystèmes à l'effet de serre et sur leur potentiel d'atténuation des émissions permis par le stockage de carbone dans la matière organique des sols repose nécessairement sur l'utilisation de modèles ; ce type d'outil permettant de confronter ses sorties (résultats) aux données observées ou mesurées dans des situations réelles, et d'en tirer des questionnements sur notre capacité à comprendre ou à prédire le système étudié.

Cette présentation vise à décrire deux modèles. Le premier, PaSiM (Pasture Simulation Model), est un modèle biogéochimique déterministe à dominante mécaniste se situant à l'échelle de la parcelle de prairie et qui a pour objectif principal de modéliser une prairie spatialement homogène et ses principaux flux de carbone, d'azote et d'eau. Il permet de simuler le fonctionnement de cet écosystème prairial (sol, végétation, herbivores) en réponse aux conditions pédoclimatiques et de gestion à un pas de temps fin, de l'ordre de la demi-heure. Des simulations peuvent être réalisées sur des échelles de temps longues (plusieurs dizaines d'années), permettant ainsi d'intégrer notamment dans ses prédictions l'effet de la variabilité climatique. Le schéma suivant présente les principales entrées/sorties de PaSiM :

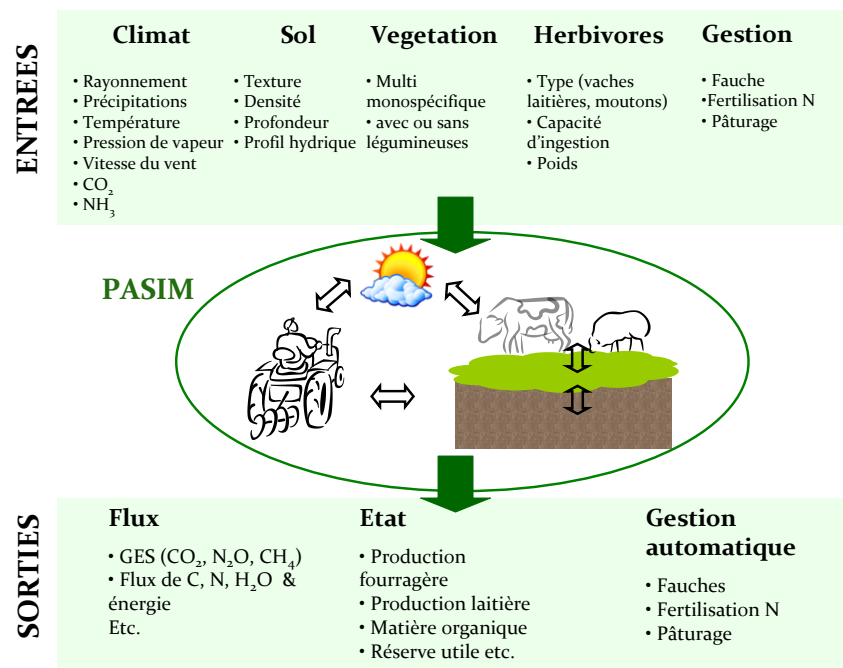


Figure 1 : Présentation de la structure du modèle PaSiM. En haut de la figure sont présentées les variables d'entrées, qui permettent de définir les conditions de la simulation (climat, sol, végétation, herbivores, gestion

prescrite) ; en bas figurent les sorties agro-environnementales du modèle et éventuellement les itinéraires techniques mis en jeux au cours de la simulation (dans le cas d'une optimisation des pratiques).

Au-delà de cette modélisation « prairie centrée », le modèle FarmSim permet de simuler le comportement de systèmes d'élevage herbagers ou bases sur le maïs à l'échelle de la ferme. Résultant du couplage des modèles PaSiM, CERES-EGC (culture) et GESTIM (intrants, calcul des flux à l'étable. Il a été conçu pour permettre i) de décrire de manière cohérente et standardisée les flux de carbone et d'azote pour les exploitations agricoles d'élevage; ii) de structurer la collecte de l'ensemble des données nécessaires au calcul du bilan des GES à l'échelle de l'exploitation agricole ; iii) de préparer les fichiers d'entrée des modèles utilisés pour calculer le bilan de GES des composantes de l'exploitation agricole. La figure 2 présente la structure ainsi que les entrées/sorties de ce modèle :

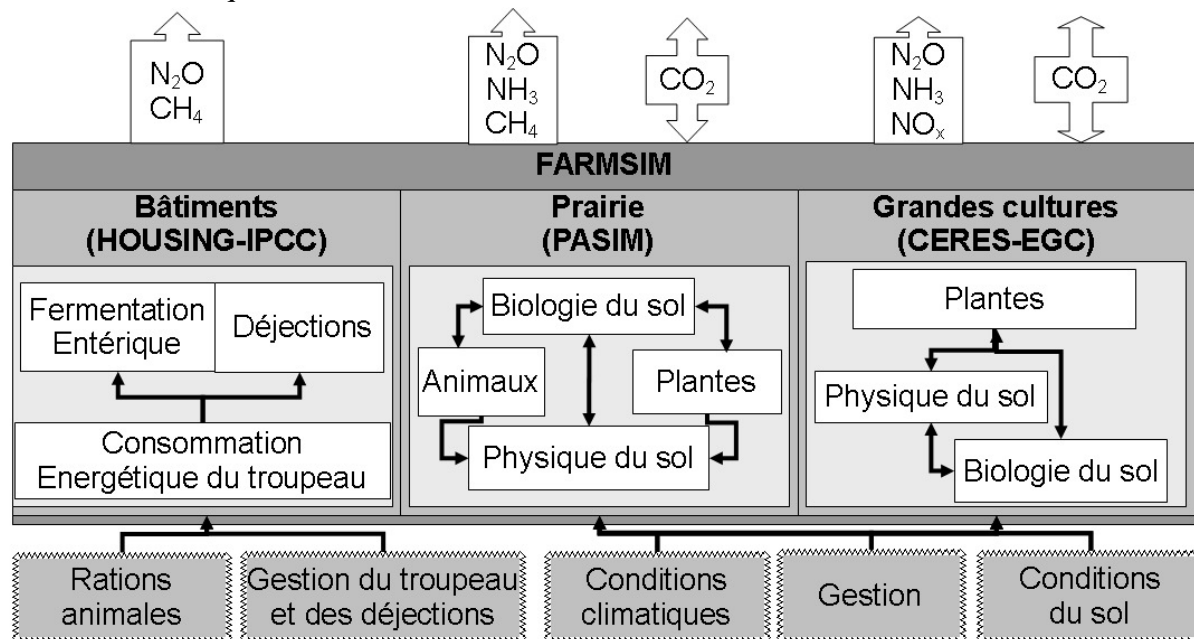


Figure 2 : Structure globale du modèle FARMSIM, faisant apparaître les trois modules constitutifs ; HOUSING-IPCC, PASIM et CERES-EGC). Le type d'information nécessaire en entrée du modèle figure en bas de la figure ; les sorties (flux GES) en haut.

Estimer le bilan des gaz à effet de serre de l'activité agricole dans sa plus grande diversité est plus que jamais d'actualité. Il est donc utile d'explorer dès maintenant toutes les pistes qui peuvent conduire à une meilleure adaptation au changement climatique, tout en favorisant la séquestration de carbone dans le sol par les prairies, en limitant les émissions de GES et en maintenant un niveau élevé de biodiversité. Les outils de modélisation PaSiM et FarmSim essaient, chacun à leur échelle, de répondre à ce besoin. Ces modèles sont en constante évolution et se construisent en étant confrontés aux problématiques traitées par une succession de programmes de recherche nationaux ou européens (CLIMATOR, EPAD, Carboextreme, etc...). Ces différents travaux, par leur diversité, ont permis d'atteindre la finesse de modélisation nécessaire à une estimation suffisamment précise du bilan de gaz à effet de serre. Ces modèles mécanistes, qui se focalisent sur le fonctionnement de la prairie en termes de flux de carbone et d'azote, et sur les mécanismes dans lesquelles ces flux interviennent, ont vu peu à peu leur domaine d'application évoluer du fondamental au finalisé. A tel point qu'ils peuvent être maintenant utilisés comme un outil prédictif, avec les réserves qui s'imposent. Dès lors, le nombre d'utilisateurs potentiels a augmenté. Ainsi, des collaborations nouvelles se développent, mobilisant les modèles pour traiter des problématiques non prises en compte initialement. Ces nouveaux développements nous conduisent à faire évoluer ces modèles et à prendre en compte des aspects de génie logiciel propre aux produits professionnels :

robustesse des exécutables, interface Homme-Machine intuitive, simplification du paramétrage. Ces modèles doivent ainsi permettre aux scientifiques et aux divers utilisateurs de co-construire une recherche finalisée, qui n'a plus pour seul objectif l'acquisition de connaissances nouvelles, mais qui permette également d'analyser les adaptations envisageables des systèmes face aux enjeux et questions de demain.

Principales références :

- **PaSiM**

Graux, A.-I., 2011. "Modeling climate change impacts on grassland ecosystems. Adaptation strategies for forage production systems", Blaise Pascal University, Ph.D. thesis, 535 p.

Graux, A.-I., Bellocchi G., Lardy R., Soussana J.-F., 2011a. Ensemble modelling of climate change risks and opportunities for managed grasslands in France. *Agriculture and Forest Meteorology* (submitted).

Graux, A.-I., Gaurut, M., Agabriel, J., Baumont, R., Delagarde, R., Delaby, L. and Soussana, J.-F., 2011b. "Development of the Pasture Simulation Model for assessing livestock production under climate change". *Agriculture, Ecosystems and Environment* (accepted).

Lardy, R., Bellocchi, G., Soussana J.-F., 2011 "A Novel Algebraic Method Of Soil Organic Carbon Equilibrium", *Environmental Modelling and Software*, in Press

Riedo, M., Grub, A., Rosset, M., Fuhrer, J., 1998. "A pasture simulation model for dry matter production and fluxes of carbon, nitrogen, water and energy". *Ecol. Model.* 105, 41–183.

Schmid, M., Neffel, A., Riedo, M., Fuhrer, J., 2001. "Process-based modelling of nitrous oxide emissions from different nitrogen sources in mown grassland". *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 60, 177–187.

Thornley, J.H.M., 1998. *Grassland dynamics. An ecosystem simulation model*, CAB International, Wallingford, United Kingdom, 256 p.

Vuichard N., Ciais P., Viogy N., Calanca P., Soussana J.-F., 2007. Estimating the greenhouse gas fluxes of European grasslands with a process-based model: 1. Model evaluation from in situ measurements. *Global Biogeochemical Cycles*, 21.

Vuichard, N., Ciais, P., Viogy, N., Calanca, P., Soussana, J.-F., 2007. "Estimating the greenhouse gas fluxes of European grasslands with a process-based model: 2. Simulations at the continental level". *Global Biogeochem. Cy.* 21.

- **FarmSim**

Drouet J.-L., Capian N., Fiorelli J.-L., Blanfort V., Capitaine M., Duret v, Gabrielle B., Martin R., Lardy R., Cellier P., Soussana J.-F., 2011. Sensitivity analysis for models of greenhouse gas emissions at farm level. Case study of N₂O emissions simulated by the CERES-EGC model. *Environmental Pollution*.

Fiorelli J.-L., Drouet J.-L., Duret S., Gabrielle B., Graux A.I., Blanfort V., Capitaine M., Cellier P., Soussana J.-F., 2008. Evaluation of greenhouse gas emissions and design of mitigation options: a whole farm approach based on farm management data and mechanistic models. *Proceedings of the 8th European IFSA symposium. Clermont-Ferrand (6-10 July 2008)*.

Salètes S., Fiorelli J.-L., Vuichard N., Cambou J., Olesen J.E., Hacala S., Sutton M.A., Fuhrer J., Soussana J.-F., 2004. Greenhouse gas balance of cattle breeding farms and assessment of mitigation options. In : Kaltschmitt M., Weiske A. (Eds.), *Greenhouse Gas Emissions from Agriculture. Mitigation Options and Strategies*. Institute for Energy and Environment, Leipzig, pp. 203-208.