



HAL
open science

”Virtual grassland” : un modèle individu-centré pour simuler la dynamique des communautés prairiales en réponse à la disponibilité en eau en en N du sol

Gaëtan Louarn, Abraham Escobar Gutiérrez, Vincent Migault, Lucas Faverjon, Didier Combes

► To cite this version:

Gaëtan Louarn, Abraham Escobar Gutiérrez, Vincent Migault, Lucas Faverjon, Didier Combes. ”Virtual grassland” : un modèle individu-centré pour simuler la dynamique des communautés prairiales en réponse à la disponibilité en eau en en N du sol. Colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie (métaprogramme ACCAF), Nov 2015, Poitiers, France. 223 p. hal-01236562

HAL Id: hal-01236562

<https://hal.science/hal-01236562>

Submitted on 1 Dec 2015

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.

16-17 novembre 2015 - Poitiers

Actes du colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie
(métaprogramme ACCAF)

ADAPTATION DES PRAIRIES SEMÉES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Coordinateurs : Jean-Louis Durand, Jérôme Enjalbert, Laurent Hazard,
Isabelle Litrico, Catherine Picon-Cochard, Marie-Pascale Prudhomme, Florence Volaire



“VIRTUAL GRASSLAND”: UN MODÈLE INDIVIDU-CENTRÉ POUR SIMULER LA DYNAMIQUE DES COMMUNAUTÉS PRAIRIALES EN RÉPONSE À LA DISPONIBILITÉ EN EAU ET EN N DU SOL

« VIRTUAL-GRASSLAND » AN INDIVIDUAL-CENTERED MODEL FOR SIMULATING THE DYNAMICS OF GRASSLAND COMMUNITIES IN RESPONSE TO SOIL WATER AND NITROGEN AVAILABILITY

Gaëtan Louarn, Abraham Escobar-Gutiérrez, Vincent Migault,
Lucas Faverjon, Didier Combes

gaetan.louarn@lusignan.inra.fr

Inra, UR004 URP3F, F-86600 Lusignan, France

RÉSUMÉ

Le modèle de «Virtual grassland » vise à prédire l'évolution de la composition spécifique, du rendement et de la qualité des prairies semées en réponse à la disponibilité en eau et à la gestion de l'azote (fertilisation, présence de légumineuses) et de la défoliation. Il simule les interactions de compétition et la facilitation (rayonnement, ressources du sol) entre les composantes du couvert au travers du couplage de quatre modules (graminées, légumineuses, sol, transfert radiatif). Les évaluations préliminaires du modèle suggèrent le bon comportement qualitatif des réponses au rayonnement et à la disponibilité en eau.

ABSTRACT

The *Virtual-grassland* model aims at simulating the change with time of the specific composition, yield, and forage quality of sown grasslands, in response to water availability, nitrogen management (fertilization, presence of legumes) and defoliation. It simulates the competition and facilitation interactions (for radiation and soil resources) between the canopy components through the interconnection of four modules (grasses, legumes, soil and radiation transfer). Preliminary evaluations of the model suggest a fair estimate of the responses to water and radiation.

INTRODUCTION

Les prairies multi-spécifiques sont une source importante de fourrages pour les ruminants. Leur valeur d'usage agricole dépend de leur composition botanique et de la

structure du couvert qui déterminent ensemble la quantité et la qualité de la biomasse récoltable par pâturage ou par fauche. Au sein des prairies tempérées, les graminées et légumineuses pérennes dominent la composition floristique des prairies et sont généralement cultivées en association en raison de leur complémentarité agronomique et écologique (Louarn *et al.*, 2010). Un équilibre approprié entre les espèces est toutefois difficile à atteindre et à maintenir dans ces communautés réputées instables. La proportion de légumineuses fluctue au cours du temps entre années, entre saisons, et même au cours d'une période de repousse.

En dépit de son importance agronomique, la composition spécifique des prairies est généralement ignorée dans les modèles de prairies. Les seuls exemples de prise en compte des interactions entre plantes concernent à ce jour les associations à base de trèfle blanc et de graminées, pour lesquelles les approches de modélisations individus-centrées ont montré de bons résultats et ont permis d'améliorer la compréhension des conditions de coexistence entre graminées et légumineuses (Schwinning et Parsons, 1996 ; Soussana et Oliveira Machado, 2000). Ces modèles cependant ne prennent pas en compte l'effet du stress hydrique sur les communautés prairiales. En outre, le trèfle blanc, qui dispose d'une stratégie de colonisation et de survie atypique au sein des légumineuses fourragères (forte capacité de persistance au travers de la reproduction végétative, forte tolérance à la défoliation), pourrait ne pas être représentatif de la majorité des espèces utilisées (Louarn *et al.*, 2015).

Pour répondre à ces limitations, le modèle de «Virtual grassland» (<http://openalea.gforge.inria.fr/wiki/doku.php?id=packages:ecophysio:grassland>) a été développé sous la plateforme de modélisation OpenAlea (Pradal *et al.*, 2009) afin de simuler l'architecture d'une grande diversité d'espèces de graminées et de légumineuses et pour prédire les effets des interactions plante-plante et plante-milieu abiotique sur la dynamique et les performances agronomiques des communautés prairiales.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le modèle de «Virtual grassland» se compose de :

- i) deux modèles de plantes génériques simulant respectivement la morphogenèse des graminées (L-grass, Verdenal *et al.*, 2008) et des légumineuses (L-egume). Ces modèles simulent le fonctionnement et l'architecture 3D du couvert (parties aériennes et racines), de l'échelle de l'organe à celle de la communauté.

- ii) deux modèles simulant l'interaction du couvert végétal avec son environnement aérien (transfert de rayonnement, RATP, Sinoquet *et al.*, 2001) et souterrain (modèle de sol adapté du modèle de culture STICS, Brisson *et al.*, 2008).
- iii) une interface graphique permettant de gérer les paramètres d'entrée du modèle et visualiser les résultats de simulation (figure 1).

Les deux modèles de plantes sont basés sur le formalisme L-système (logiciel L-py, Boudon *et al.*, 2012) et rendent compte des règles de morphogenèse et du métabolisme C / N spécifiques à chacun des deux groupes fonctionnels. Dans le cas des graminées par exemple, un modèle auto-régulé de croissance des feuilles pilote le développement (apparition des feuilles, tallage, émission de racines nodales) et la réponse à la coupe (Migault *et al.*, 2015). Il permet de rendre compte du comportement de morphotypes contrastés allant des types « fourrages » (feuilles longues, faible tallage, faible nombre de racines nodales) aux types « gazons » (feuilles courtes, fort tallage, grand nombre de racines nodales). Dans le cas des légumineuses, différentes stratégies de morphogenèse sont aussi considérées (taille des organes, croissance érigée / prostrée, ramification, capacité à développer des racines nodales...). Le modèle permet de rendre compte à la fois des espèces/génotypes développant une pérennité basée sur un pivot unique (e.g. luzerne, trèfle violet, lotier...), sur un système rhizomateux (luzerne rampante) ou sur la propagation clonale à base de stolons enracinés à la surface du sol (trèfle blanc).

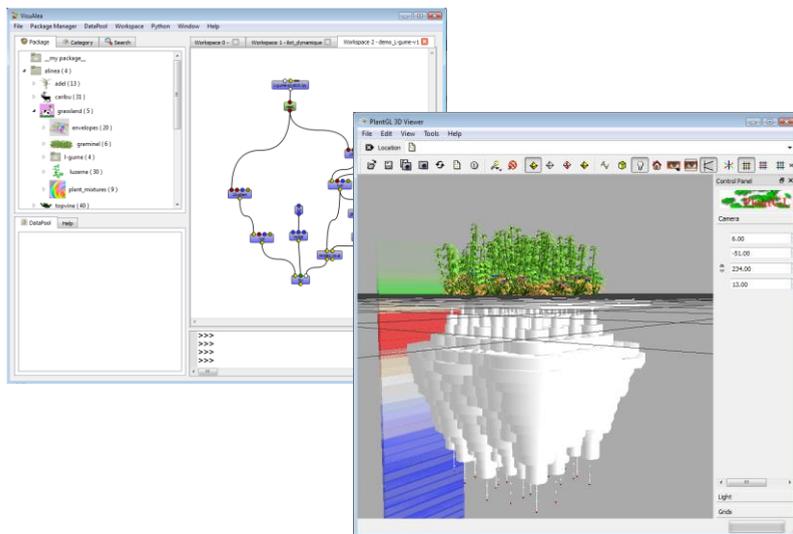


Figure 1 : interface graphique (haut) et visualisation 3D d'un couvert de luzerne (bas).

Les sorties du modèle concernent l'accumulation de matière sèche, la composition biochimique (N) de chacun des constituants du mélange et les flux d'eau et d'N dans le système sol-plantes-atmosphère.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le modèle est en cours d'évaluation à la fois pour des réponses qualitatives (e.g. réponses de plantes isolées et de couverts mono spécifiques aux gradients de rayonnement, eau et N, figure 2) et pour des réponses quantitatives de populations de plantes en associations bi-spécifiques (e.g. luzerne-fétuque élevée ; trèfle blanc-ray-grass anglais). Les réponses au rayonnement, au rythme de défoliation et à l'humidité du sol sont qualitativement cohérentes pour les deux modèles de plante. Une compétition accrue pour la lumière résulte ainsi en une réduction du tallage (Baldisera *et al.*, 2014), une vitesse d'allongement et un volume racinaire réduits, et une baisse de la densité de longueur des racines (Migault, 2015). Une interaction statistique entre le morphotype aérien (rampant/érigé) et la fréquence de défoliation existe au sein des deux groupes d'espèces : les génotypes érigés/à feuille longues sont favorisés sous défoliations peu fréquentes, et inversement les génotypes rampants/à feuilles courtes ont de meilleures performances sous coupes fréquentes. L'effet d'un stress hydrique se traduit en premier lieu par une modification locale des croissances de racines (réduites dans les horizons les plus secs), puis la croissance aérienne dans son ensemble et enfin l'assimilation du C et de l'N. La sensibilité à l'occurrence d'une période de déficit de précipitations apparaît fortement dépendante du stade de développement ; les stades d'implantation (où l'enracinement est peu profond) sont ressorties comme particulièrement sensibles.

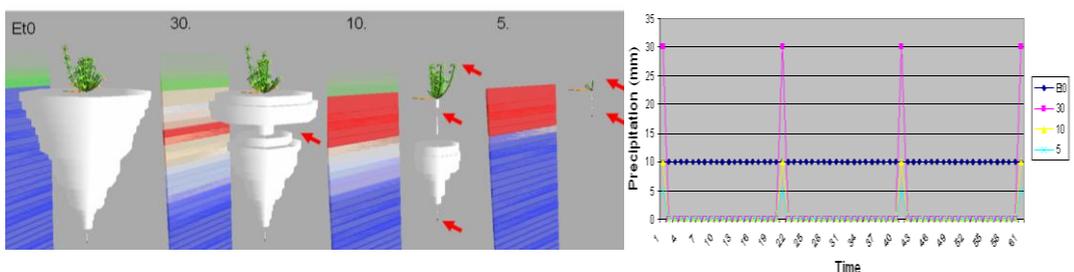


Figure 2 : illustration de l'effet de quatre régimes hydriques sur la morphogénèse aérienne et racinaire d'une plante isolée de luzerne. Du bleu au rouge, du plus humide au plus sec. A droite, apports hydriques sur le sol (précipitations ou irrigation).

L'évaluation quantitative du modèle pour des communautés multi-spécifiques est toujours en cours. Elle implique la comparaison de la productivité, de la structure de taille, et de la distribution des éléments (N) entre les individus/espèces.

CONCLUSION

Le modèle «Virtual grassland» projette de fournir un cadre d'analyse intégré pour l'analyse des compromis entre les caractères d'intérêt dans les prairies multi-spécifiques. Il pourra aider à l'identification des règles d'assemblage pour mieux raisonner la formulation de la composition des mélanges, en considérant les interactions entre constituants et les effets du pédo-climat.

BIBLIOGRAPHIE

- Baldisera T., Frak E., Carvalo P., Louarn G.. 2014. Plant development controls leaf area expansion in alfalfa plants competing for light. *Annals of Botany* 113(1): 145-157.
- Brisson N., Launay M., Mary B., Beaudoin N. (2008). Conceptual basis, formalisations and parameterization of the STICS crop model. *Quae Ed.* 297 p.
- Boudon F., Pradal C., Cokelaer T., Prusinkiewicz P., Godin C. (2012). L-Py: an L-System simulation framework for modeling plant development based on a dynamic language. *Frontiers in Plant Science*, 3.
- Louarn G., Corre-Hellou G., Fustec J. *et al.* (2010). Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses. *Innovations Agronomiques* 11: 79–99.
- Louarn G., E. Pereira-Lopès, J. Fustec, B. Mary, A.S. Voisin, P.C. de Faccio Carvalho, F. Gastal. 2015. The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses differ in alfalfa and white clover-based grass-legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizodeposit quality. *Plant and Soil* 389(1-2), 289-305.
- Migault V. 2015. Insertion de la morphogenèse racinaire dans L-grass, un modèle structure-fonction de graminées fourragères. Thèse de doctorat de l'Université de Poitiers.
- Pradal C., Boudon F., Nouguier C., Chopard J., Godin C. (2009). PlantGL: a Python-based geometric library for 3D plant modelling at different scales. *Graphical Models* 71(1): 1-21.
- Schwinning S, Parsons AJ (1996) A spatially explicit population model of stoloniferous N-fixing legumes in mixed pasture with grass. *Journal of Ecology* 84:815–826
- Sinoquet H., Le Roux X., *et al.* (2001). RATP: a model for simulating the spatial distribution of radiation absorption, transpiration and photosynthesis within canopies: application to an isolated tree crown. *Plant, Cell & Environment* 24(4): 395-406.
- Soussana J.F., Oliveira-Machado A. (2000) Modelling the dynamics of temperate grasses and legumes in cut mixtures. In: Lemaire G, Hodgson J, de Moraes A, Nabinger C, de Carvalho PC (eds) *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CAB International, Wallingford, pp 169-190.
- Verdenal A., Combes D., Escobar-Gutiérrez A.J. 2008. A study of ryegrass architecture as a self-regulated system, using functional–structural plant modelling. *Functional Plant Biology* 35: 911–924.