



HAL
open science

Effets de l'intensité de la défoliation sur la composition génétique et phénotypique d'une population virtuelle de ray-grass

Didier Combes, Isabelle Litrico, Philippe Barre, Abraham Escobar Gutiérrez, Leopoldo Sanchez Rodriguez, Gaëtan Louarn

► To cite this version:

Didier Combes, Isabelle Litrico, Philippe Barre, Abraham Escobar Gutiérrez, Leopoldo Sanchez Rodriguez, et al.. Effets de l'intensité de la défoliation sur la composition génétique et phénotypique d'une population virtuelle de ray-grass. Colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie (métaprogramme ACCAF), Nov 2015, Poitiers, France. 223 p. hal-01236558

HAL Id: hal-01236558

<https://hal.science/hal-01236558>

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



EFFETS DE L'INTENSITÉ DE LA DÉFOLIATION SUR LA COMPOSITION GÉNÉTIQUE ET PHÉNOTYPIQUE D'UNE POPULATION VIRTUELLE DE RAY-GRASS

SIMULATION OF THE IMPACT OF SWARD DENSITY AND DEFOLIATION ON THE GENETIC AND PHENOTYPIC COMPOSITION OF A VIRTUAL PERENNIAL RYEGRASS POPULATION

Didier Combes, Isabelle Litrico, Philippe Barre,
Abraham.J. Escobar-Gutiérrez, Léopoldo Sanchez*, Gaëtan Louarn

didier.combes@lusignan.inra.fr

Inra, UR004 URP3F, F-86600 Lusignan, France, *Inra, Centre d'Orléans, Unité
Amélioration, Génétique et Physiologie Forestière, 45 166 Olivet, France

RÉSUMÉ

Des générations successives de populations de ray-grass soumises à la défoliation, ont été simulées en utilisant le modèle structure fonction L-Grass couplé avec un modèle simple de génétique. Les caractéristiques des générations simulées ont été comparées à celles issues de l'expérimentation sur laquelle repose cette approche. Les résultats préliminaires montrent une faible modification de la composition génétique et phénotypique de la population sur les premières générations.

ABSTRACT

Successive generations of ray-grass plant populations were generated using the L-Grass FSPM model coupled with a simple genetic model and compared to an experimental evolution of population. Preliminary results show a weak modification of the genetic and phenotypic composition of the population between the first generations as a result of defoliation intensity pressure.

INTRODUCTION

Les prairies semées occupent environ 30 % de la surface totale de l'Europe de l'ouest. Elles constituent un système plurispécifique et sont gérées par des agriculteurs car elles fournissent une ressource essentielle pour nourrir les animaux. La quantité et la qualité de la biomasse produite qui est disponible pour la récolte définit la valeur d'usage de cet agrosystème. La valeur d'usage, et en particulier la production des prairies, ont été

améliorées au cours du temps. Afin de continuer ce processus d'amélioration, il est nécessaire de mieux comprendre comment se construit la valeur d'usage. La production de biomasse et sa qualité répondent à des facteurs tels que les pratiques, comme par exemple la fréquence de défoliation, les conditions climatiques ou les propriétés du sol.

L'un des défis est de comprendre les déterminants de la pérennité de la productivité des prairies. Ces déterminants sont reliés à l'adaptation des plantes qui composent la prairie, et aux conditions environnementales du milieu. L'une des principales pressions de sélection appliquée aux populations de plantes des prairies, est l'intensité de la défoliation pour laquelle l'architecture de la plante sera une composante clé dans la réponse de la plante. Sous de fortes pressions sélectives, la diversité génétique de la population de plantes peut diminuer sous l'effet de la sélection génétique. De façon simultanée, l'action de la plasticité phénotypique qui peut engendrer des modifications morphologiques, peut être adaptative et contrebalancer la diminution de la diversité génétique des traits soumis à sélection (Cheetham *et al.*, 1995).

La structure physique du couvert végétal, c'est-à-dire la distribution spatiale des phytoéléments des plantes, est un facteur qui doit être considéré dans l'architecture des plantes. Cette structure physique du couvert résulte d'interactions entre la morphogenèse des plantes individuelles. Afin de comprendre le processus de structuration, il est donc nécessaire d'appréhender la morphogenèse des graminées qui composent majoritairement les prairies. La dynamique de la population de plante est expliquée par les interactions entre les plantes individuelles telles que la compétition pour la lumière. La capacité à prédire les changements de la productivité et la composition spécifique comme un résultat de la compétition sont encore limitées. Les modèles structure fonction de plantes (FSPM en anglais) pourraient jouer un rôle prépondérant dans le développement de cette approche de modélisation. Ils englobent en effet naturellement la description et le devenir d'unités élémentaires contrôlant la dynamique de la population de plantes individuelles interagissant avec l'environnement biotique et abiotique.

Afin de contribuer à la définition des déterminants écophysiologiques impliqués dans l'évolution génétique d'une population de plantes, deux générations successives (G0 et G1) d'une population de plantes de ray-grass pérenne ont été analysées. Pour atteindre cet objectif, une population en fort déséquilibre de liaison (une pseudo F2, issue d'un croisement de deux génotypes contrastés sur leur architecture – un de type fourrage et un de type gazon) de ray-grass a été générée. Cette population a été clonée et chaque population clone soumise à un rythme de défoliation durant une saison végétative puis conduite à graine pour générer la génération suivante.

Parallèlement, nous avons développé un modèle couplant le modèle FSPM L-Grass avec un module de génétique des populations dans lequel les caractères simulés par le modèle FSPM L-Grass avaient un déterminisme génétique simple. Les résultats de simulations de ce modèle écophysio-génétique ont été comparés aux distributions observées des caractères mesurés sur l'expérimentation.

SIMULATIONS

Le modèle L-Grass (Verdenal *et al.*, 2008) simule le développement en 3D des parties aériennes de graminées pendant la phase végétative. Les graminées ont la particularité, en phase végétative, de ne pas avoir d'allongement de leurs entrenœuds. Cette particularité a pour conséquence, d'obtenir des plantes principalement constituées de talles qui sont elles-mêmes faites de feuilles émises à la base des plantes par le méristème apical. En conséquence, une représentation réaliste de l'architecture peut être obtenue à l'aide d'une description de la topologie de la plante et de la dynamique des feuilles (e.g. cinétique de croissance, durée de vie, géométrie) à différentes échelles d'organisation. Le modèle est basé sur le formalisme des L-System (Lindenmayer, 1968 ; Prusinkiewicz, 1999) et utilise le logiciel L-Py (Boudon *et al.*, 2012) de la plateforme Openalea.

L'estimation de la production de biomasse est basée sur la relation linéaire entre la matière sèche (DW) et le rayonnement intercepté cumulé sur une période (PARc). Cette relation a été établie à l'échelle du couvert dans des conditions optimales de croissance c'est-à-dire sans limitation d'eau et d'azote. La pente de la relation linéaire est appelée l'efficacité d'utilisation du rayonnement du couvert (en anglais Radiation Use Efficiency RUE en $g\ DW./PAR\ MJ^{-1}$). PARc est calculé à partir du rayonnement intercepté et de l'efficacité d'interception ϵ_i du couvert à un instant t . Dans cette approche, nous supposons que ce principe de conversion du rayonnement est modélisé suivant la même relation linéaire appliquée à l'échelle de la plante individuelle au sein du couvert végétal.

La production grainière des plantes dans ce modèle, qui donnera lieu à la génération G1, est obtenue en utilisant le principe du "harvest index" qui détermine le nombre de graines par plante individuelle à partir de la biomasse totale de cette plante. La relation empirique a été paramétrée à l'aide des données expérimentales. A partir du génotype de chaque plante mère et la contribution pollinique aléatoire de chaque individu de la population, le génotype des graines produites a été défini. Le phénotype de chaque plante de cette génération G1 est déterminé sous l'hypothèse d'un déterminisme génétique simple (effet de quatre loci à effet additif des allèles) d'un paramètre de L-Grass, le paramètre C, déterminant dans le phénotype de la plante.

EXPÉRIMENTATION

Chaque population clonée, représentant chacune la génération G0, a été installée en conditions semi-contrôlées, dans des bacs en conditions extérieures. Chaque population clone a été soumise à la défoliation via une coupe à une hauteur de 3 centimètres. Le rythme de défoliation diffère entre les deux populations clones G0. Une population clone a été soumise à une défoliation fréquente (DF) toutes les deux semaines, alors que l'autre population clone G0 a subi une défoliation à un rythme peu fréquent (DPF), toutes les six semaines. A chaque date de défoliation, la biomasse et le nombre de talles de chaque plante ont été mesurés. Après six cycles de défoliation, le traitement est arrêté pour permettre la montée à graines des plantes. L'installation de la génération G1 de chaque population clone G0 est alors effectuée à partir des graines générées. Ces générations G1 sont alors phénotypées pour les mêmes caractères.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

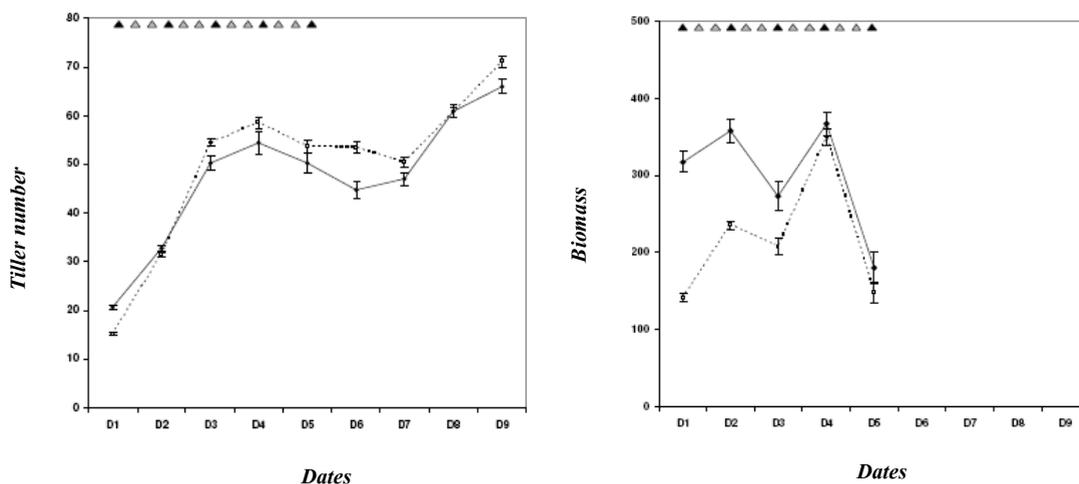


Figure 1 : évolution de la moyenne du nombre de talles et de la biomasse par plante de la population de ray-grass G0. Les triangles représentent les dates des deux traitements de coupe (en noir est la coupe fréquente toutes les deux semaines et en blanc la coupe peu fréquente toutes les six semaines). Les lignes en pointillés et continues correspondent respectivement aux populations ayant subi les traitements de coupes fréquentes et peu fréquentes.

Le nombre moyen de talles suit les mêmes tendances dans les deux traitements de défoliation, avec une forte augmentation durant la phase d'installation puis une « stabilisation » hivernale qui est suivie par une nouvelle augmentation après l'arrêt du traitement de défoliation. Ce pattern est en accord avec d'une part le rythme de croissance

de l'espèce et la réponse à l'arrêt de la défoliation. Il est à noter que durant l'hiver, le nombre de talles était plus élevé pour la population clone G0 ayant subi la coupe fréquente c'est-à-dire toutes les deux semaines. La biomasse moyenne des plantes ayant subi la coupe peu fréquente était quant à elle plus élevée que la biomasse des plantes ayant subi la coupe fréquente. Lors de l'entrée en période hivernale, il n'y avait plus de différence de biomasse entre les deux traitements de défoliation.

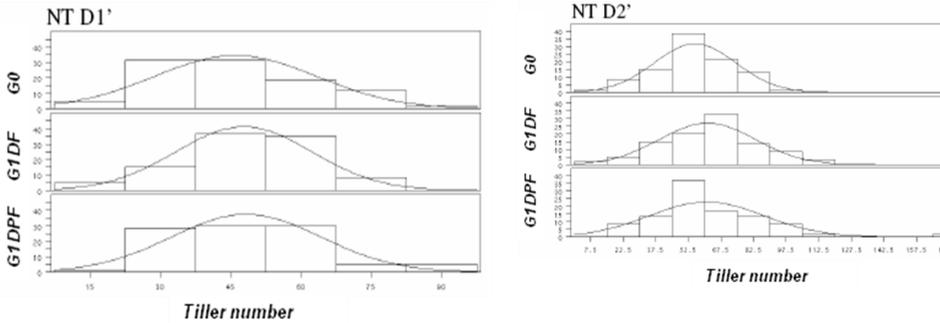


Figure 2 : distribution du nombre de talles pour les plantes des populations G0 et G1 à deux dates D1' et D2' et pour les deux traitements de coupes fréquentes et peu fréquentes.

La figure 2 montre la comparaison du nombre de talles entre la population G0 et les deux G1 générées à partir des populations clones ayant subi les différents rythmes de défoliation. Aucune différence significative a été observée entre la distribution du nombre de talles entre ces trois générations. Comme la production de talles est un processus régulé par le signal lumineux, le manque de différence peut s'expliquer par la présence du même signal lumineux environnant les plantes individuelles.

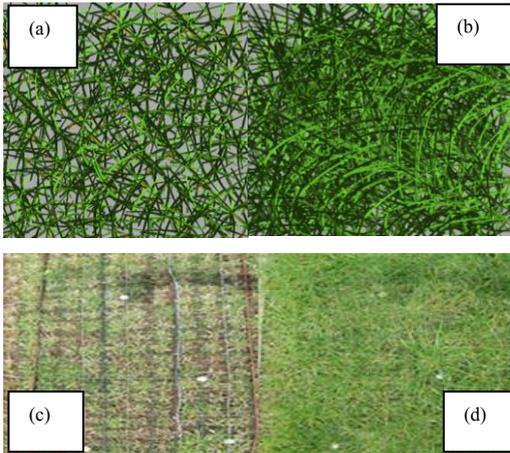


Figure 3 : illustrations de la population de plantes virtuelles ((a) et (b)) comparée au couvert réel ((c) et (d)). Deux traitements de coupe ont été considérés : fréquente ((a) et (c)) et peu fréquente ((b) et (d)).

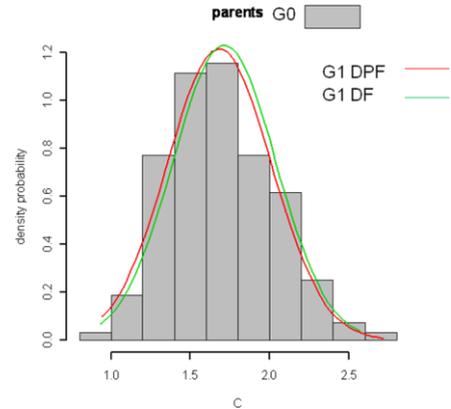


Figure 4 : évolution du paramètre C du modèle L-Grass permettant de simuler le phénotype, pour la population de plantes de la génération G1 comparée à celle de la génération G0 pour les deux traitements de coupe.

La figure 3 montre la capacité du modèle L-Grass à simuler la population de plantes virtuelles correspondant à la population de l'expérimentation. Le modèle L-Grass a également simulé les deux régimes de coupe.

La figure 4 montre la comparaison entre les distributions simulées des deux générations successives G0 et G1 en défoliation fréquente et en défoliation peu fréquente. Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les générations. Ces résultats de simulations vont dans le même sens que les résultats de l'expérimentation.

Cette étude préliminaire montre une démarche dans laquelle les FSPM peuvent intégrer l'information génétique afin d'intégrer la variabilité génétique pour étudier des générations successives de populations de plantes. Cette approche permettra également de procéder à des expérimentations virtuelles pour analyser notamment l'effet de la densité sur le phénotype d'une nouvelle génération de population de plantes.

BIBLIOGRAPHIE

Boudon F., Pradal C., Cokelaer T., Prusinkiewicz P., Godin C., 2012. L-Py: An L-System Simulation Framework for Modeling Plant Architecture Development Based on a Dynamic Language. *Frontiers in Plant Science*. 3: 76

Cheetham A.H., Jackson J.B.C., Hayek L.A.C. 1995. Quantitative genetics of bryozoan phenotypic evolution. III. Phenotypic plasticity and the maintenance of genetic variation. *Evolution*, 49(2), 290-296.

Lindenmayer A., 1968. Mathematical models for cellular interactions ub development. II. Simple and branching filaments with two-sided inputs. *J. theoret. Biol.* 18, 300-315.

Verdenal A, Combes D, Escobar-Gutiérrez AJ. 2008. A study of ryegrass architecture as a self-regulated system, using functional-structural plant modelling. *Functional Plant Biology*, 35: 911-924.

Prusinkiewicz P. 1999. A look at the visual modeling of plants using L-systems. *Agronomie, EDP Sciences*, 1999, 19 (3-4), pp.211-224. <hal-00885925>