



HAL
open science

Construction d'un modèle de croissance pour différents types de graminées

Júlio Viegas, Myriam Adam, Arezki Zerourou, Pablo Cruz, Michel M. Duru

► **To cite this version:**

Júlio Viegas, Myriam Adam, Arezki Zerourou, Pablo Cruz, Michel M. Duru. Construction d'un modèle de croissance pour différents types de graminées. Symposium international INRA-UMR AGIR (Agrosystèmes et développement territorial): Outils pour la gestion des prairies permanentes, Jul 2005, Castanet-Tolosan, France. hal-02754567

HAL Id: hal-02754567

<https://hal.inrae.fr/hal-02754567v1>

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.

Construction d'un modèle de croissance pour différents types de graminées

Julio Viégas*,
Myriam Adam,
Areski Zerourou,
Pablo Cruz,
Michel Duru

Introduction

La biomasse produite par une communauté végétale est le résultat de l'interception de l'énergie solaire par la végétation et de sa conversion, par les processus métaboliques de la photosynthèse, en molécules organiques à partir du CO₂ atmosphérique. Plusieurs travaux ont établi une relation linéaire entre la matière sèche (biomasse) accumulée par une culture et la quantité d'énergie absorbée (Monteith 1972 ; Biscoe et Gallagher, 1977 ; Gosse *et al.*, 1986 ; Viégas, 1998).

Les effets des ressources (azote, eau) et des facteurs abiotiques (température) sur l'accumulation de matière sèche peuvent être expliqués par la quantité de radiation interceptée par le couvert végétal et par l'efficacité de conversion (RUE) du rayonnement intercepté en biomasse aérienne (Bélanger *et al.*, 1992). Lors d'un cycle de croissance le RUE correspond à la pente de la relation linéaire entre la biomasse et le rayonnement intercepté accumulés (Bélanger *et al.*, 1992).

L'efficacité de conversion de l'énergie en biomasse végétale est déterminée par les propriétés optiques des feuilles, la forme et la distribution spatiale des surfaces de capture, la surface (indice foliaire : LAI) et par les caractéristiques métaboliques de la plante.

Dans des conditions de croissance non limitantes cette efficacité est similaire parmi les plantes d'un même groupe métabolique (C₃ ou C₄). La vitesse d'augmentation de l'indice foliaire dépend de la température et de la morphogenèse, caractéristique de l'espèce (Viégas, 1998).

*Auteur correspondant : jviegas@smail.ufsm.br

Il est ainsi possible d'estimer, par des modèles simples, la productivité potentielle d'un couvert végétale dans des conditions données. Les modèles d'estimation de biomasse peuvent servir comme des outils pour faire des diagnostics régionaux ou pour évaluer les effets de la disponibilité en ressources ou bien encore pour déterminer les principaux facteurs limitant la croissance (Nabinger, 1997).

Spécificité du modèle pour application aux prairies naturelles

Le modèle a été conçu pour estimer la production de biomasse aérienne de différents types de prairies naturelles en prenant en compte leurs spécificités en terme de composition botanique.

Le modèle s'appuie sur la notion de types fonctionnels de plantes, et plus particulièrement sur la typologie des graminées présentée par Ansquer *et al.* (2004). Cette typologie distingue quatre grands types fonctionnels (A-B-C-D) sur la base de la teneur en matière sèche des limbes. Les types fonctionnels de plantes permettent de regrouper les différentes espèces en fonction de leur réponse vis-à-vis des facteurs de l'environnement et d'utilisation, principalement le niveau de nutrition minérale et les modes d'exploitation (Duru *et al.*, 2005). L'utilisation de ces types fonctionnels nous a permis d'intégrer les caractéristiques de chaque type en terme de phénologie (début montaison, floraison) et de durée de vie des feuilles qui sont des caractéristiques importantes pour simuler la croissance en herbe.

Comme pour les couverts mono spécifiques, les niveaux de nutrition minérale constituent une variable d'entrée du modèle.

Les choix méthodologiques du modèle

Bélangier *et al.* (1992) ont montré pour la fétuque élevée que l'accumulation de PAR intercepté et le RUE augmentent lorsque la dose de N augmente (Fig. 1) ce qui est dû à la vitesse d'installation de l'indice foliaire et à l'amélioration de l'efficacité et/ou à l'incrément de la partition du carbone vers la biomasse aérienne respectivement. Ils ont observé aussi que l'effet de la déficience en N sur l'interception du rayonnement survient seulement quand l'interception est incomplète. Quand la part du rayonnement intercepté est élevée, seulement le RUE est affecté par le niveau de nutrition en N. L'azote a donc un effet sur la croissance via des processus (RUE relative en fonction de la concentration relative en N) ou morphogénétiques (l'indice d'aire foliaire et l'interception accumulé du PAR en fonction de la concentration relative en N).

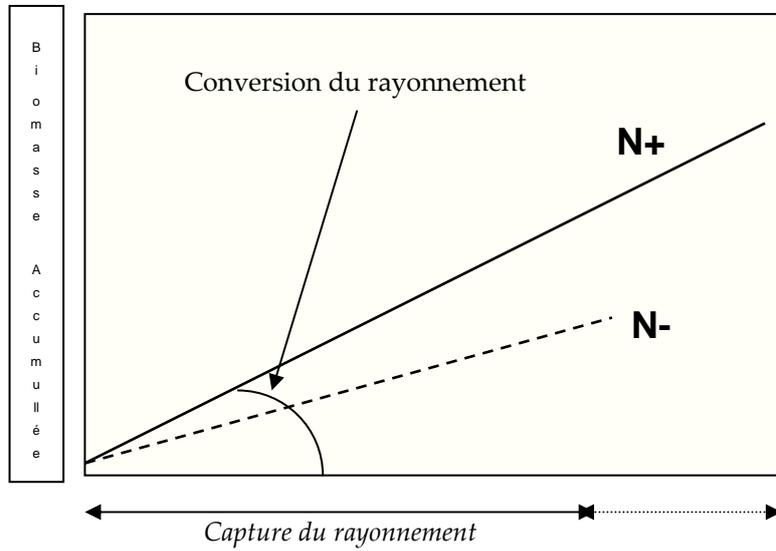


Figure 1. Modèle de capture et de conversion du rayonnement utilisé pour le modèle proposé

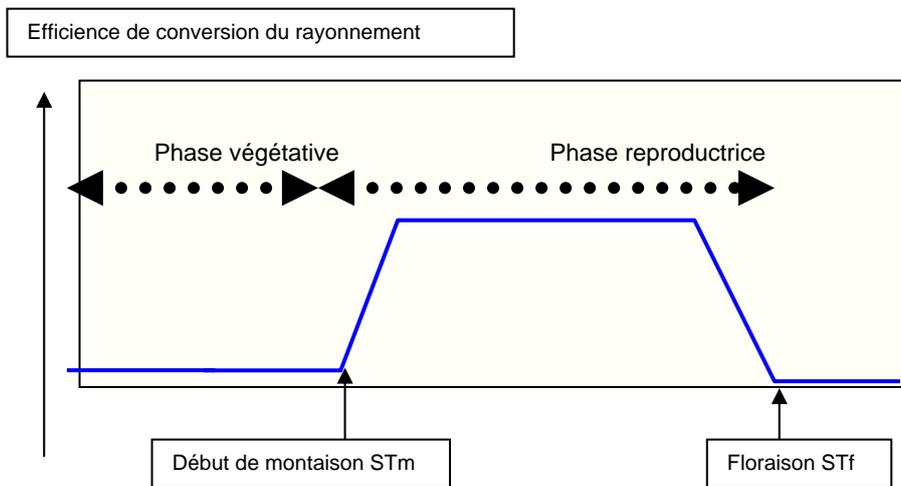


Figure 2. Modèle phénologique utilisé pour le modèle.

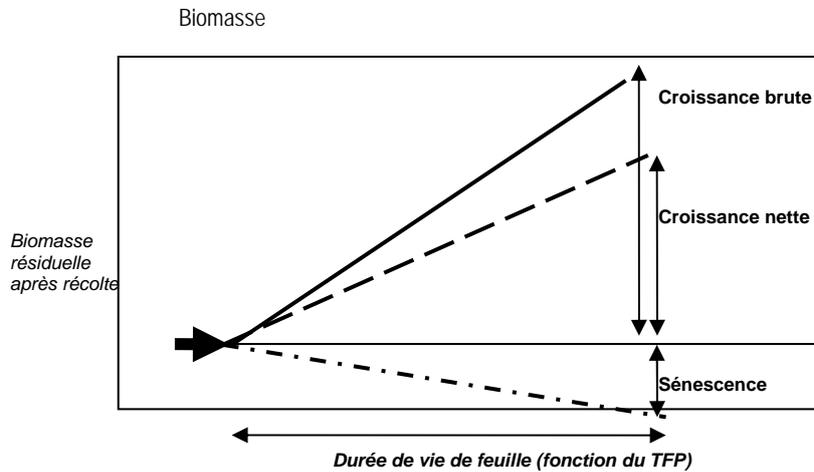


Figure 3. Modèle adopté pour la sénescence

Pour le modèle phénologique (Fig. 2), nous avons utilisé les principes du modèle proposé par McCall et Bishop-Hurley (2003). Les variations de RUE sont paramétrées par les stades atteints au cours de la phase reproductive. L'augmentation constatée peut être due à l'augmentation de l'efficacité photosynthétique des feuilles et au changement de la partition de nutriments vers les parties aériennes. Ces auteurs ont proposé de prendre en compte comme variables du modèle le moment de la montaison des apex (STm) et de la floraison (STf) en relation au temps, qui en fait est influencé pour le type fonctionnel de la prairie. Comme mesure de temps nous avons adopté la somme de températures (St).

La Figure 3 illustre le rôle de la sénescence dans le modèle. Nous avons pris les valeurs de la durée de vie des feuilles (DVF) pour chaque type fonctionnel (A, B C et D). Quand la somme de températures atteint une valeur égale à la DVF, la cohorte de feuilles concernée passe en litière, suite à quoi, la nouvelle valeur de biomasse est considérée pour calculer la sénescence de la cohorte de feuilles suivantes.

Méthodologie

Les différentes prairies ont été caractérisées pour le type fonctionnel de plante dominant selon la définition de Ansquer *et al.* (2004) dans lesquels les espèces types correspondent à :type A (*Lolium perenne*); type B (*Dactylis glomerata*); type C (*Festuca rubra*) et type D (*Brachypodium pinnatum*) (Tab. 1).

Les types de végétation ont été aussi associés aux différences de DVF, et de phénologie, i.e. la date au moment de la montaison des apex (STm), et la date de début de floraison (STf), qui sont exprimées en sommes de températures (ST, à partir du premier février). La structure du modèle est la même que celle utilisée par Duru *et al.* (2002). Les valeurs de traits phénologiques et foliaires des différents types fonctionnels ont été utilisés pour paramétrer le modèle de croissance pendant la phase reproductrice (STm et STf), et le sub-modèle de sénescence (DVF). Les valeurs de DVF, STm et STf, exprimées en $\Sigma^{\circ}\text{C}$ utilisées dans le modèle pour caractériser les différents types de végétations sont 500, 600, 800 et 1000 ; 500, 700, 900 et 1100 ; 1200, 1400, 1600 et 1800 pour les types A, B, C et D respectivement.

Traits	Espèces type A	Espèces type B	Espèces type C	Espèces type D
	<i>Holcus lanatus</i> <i>Lolium perenne</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Poa trivialis</i>	<i>Agrostis capillaris</i> <i>Avena pubescens</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Trisetum flavescens</i>	<i>Brachypodium pinnatum</i> <i>Briza media</i> <i>Cynosurus cristatus</i> <i>Deschampsia coespitosa</i> <i>Festuca ovina</i>
TMS (en mg.g^{-1})	194 ± 4 a	221 ± 3,3 b	246 ± 3,6 c	283 ± 29,7 d
DVF (en degré-jour)	502 ± 92 a	795 ± 247 ab	864 ± 305 ab	1372 ± 418 b
Date «épi à 10 cm» (en degré.jour)	568 ± 57 a	665 ± 121 a	830 ± 67 ab	1014 ± 264 b

Les différences significatives entre groupes pour un même trait, sont indiquées par des lettres différentes : TMS: $p = 0,05$; DVF: $p = 0,001$; Epi 10 cm: $p = 0,01$. Source: Ansquer *et al.* (2004).

Tableau : types de graminées établis sur la base de la teneur en matière sèche des limbes (TMS) et moyennes correspondantes pour 3 traits (TMS, DVF: durée de vie des feuilles, et date du stade «épi à 10 cm »).

Le modèle a été évalué en comparant des simulations avec des valeurs de croissance obtenues pendant le printemps 2002 dans huit prairies naturelles des Pyrénées Centrales (France). Quatre prairies étaient définies comme étant du type A, les quatre autres étaient intermédiaires entre les

types B et C (type BC). Les niveaux de nutrition en azote (Ni) ont été obtenus par l'analyse de plante. Ils sont une variable d'entrée du modèle et sont calculés selon Lemaire et Salette (1984).

Résumé du modèle

Hypothèses

- au début de la croissance, 1^{er} février le stock en eau du sol est maximum, il n'y a pas de déficit hydrique, dans ce cas, la disponibilité en eau est égale à la capacité de champ ;
- le Ni affecte la croissance du LAI mais aussi le RUE ;
- la croissance nette est la différence entre la croissance brute et la sénescence ;
- conventions :
- la biomasse d'herbe est estimée au dessus de 5cm ;
- la biomasse résiduelle après une utilisation (fauche ou pâturage) varie de 50 à 120 g de MS m⁻² selon le type de végétation ;
- après la montaison la sénescence foliaire est calculée à partir de la masse de feuilles

Variables d'entrée

- Tm = Température moyenne journalière (°C)
- Rg = Rayonnement global incident (MJ/m²/jour)
- P = Pluie (mm/jour)
- ETP = Evapotranspiration potentielle (mm/jour), si disponible à la station météo
- RU = Capacité en eau du sol (mm) ; établi pour le modèle en 100mm
- Ni = Indice nutritionnel (azote)
- MSr = Biomasse résiduelle après utilisation (fauche/pâturage) (g/m²)
- Jour = nombre du jour, p.ex. : 1^{er} février = 32
- dates d'utilisation (départ de la nouvelle pousse)
- LAI résiduel
- Biomasse au départ, après une utilisation (g/m²)

Variables synthétiques et/ou seuils du modèle

- RUE = efficacité d'utilisation du rayonnement
- PAR = rayonnement photosynthétique active : PAR = 0,48 *
Rayonnement global (MJ/m²/jour)
- Hi = indice hydrique (rapport ETR/ETM avec ETR fonction de la réserve utile du sol et la pluviométrie)
- DVF = durée de vie des feuilles (°C) ; Date de floraison (°C) ; Date de montaison (°C)
- ETR = évapotranspiration réelle mm/jour
- ST = somme de températures °C

Sorties du modèle

- CN = croissance nette (g/m²)
- CB = croissance brute (g/m²)
- S = sénescence (g/m²)
- Biomasse des tiges (g/m²) ; Biomasse des feuilles (g/m²)
- Disponibilité en eau du sol = DES (mm)

Résultats

Evaluation du modèle

Le modèle a été évalué en s'appuyant sur les cinétiques de croissance des dix huit prairies au printemps soumises par des pratiques de fertilisation et modes d'exploitation (Ansquer, 2006). Les données ont été recueillies en 2004. D'une manière générale, le modèle a permis d'estimer correctement l'accumulation de biomasse au cours du printemps pour chacun des trois types de végétation.

Pour les prairies du type A (Fig. 4) la croissance estimée par le modèle a présenté une déviation par rapport à la croissance observée sur le terrain avec un « root mean square deviation » (RMSD) moyen de 43 g m⁻². Cela en tenant en compte d'une variation du Ni de 68 à 84%.

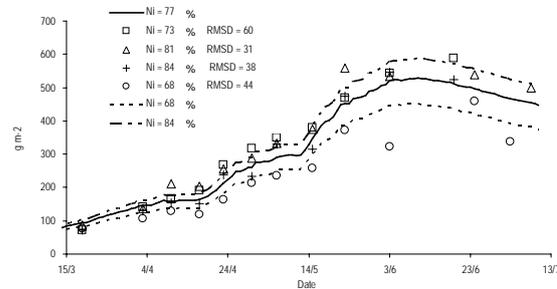


Figure 4. Biomasse verte accumulée, simulée et mesurée, pour des parcelles de végétation de type A (Indice foliaire = 1,0 et Biomasse au départ = 40 g m² au premier février). La ligne pleine représente la simulation pour le Ni moyen des quatre parcelles et les lignes en pointillés et en tirets les simulations pour les Ni plus bas et plus élevés. Les Ni pour chaque parcelle expérimentale ainsi que le RMSD (en g m⁻²) de la simulation par rapport aux données mesurées sont présentées dans la légende. Adapté de Viégas et al. (2005)

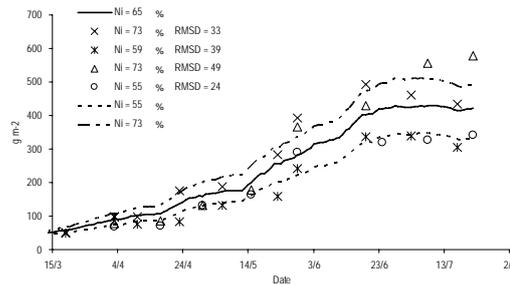


Figure 5. Biomasse verte accumulée, simulée et mesurée, pour des parcelles du type de végétation BC (Indice foliaire = 0,2 et biomasse au départ = 40 g m² en premier février). La ligne pleine représente la simulation pour le Ni moyen pour les quatre parcelles et les lignes en pointillés et en tirets les simulations pour les Ni plus bas et plus élevés. Les Ni pour chaque parcelle expérimentale et le RMSD (en g m⁻²) pour la simulation par rapport aux données mesurées sont présentées dans la légende. Adapté de Viégas et al. (2005)

Pour le type de végétation BC (Figure 5) il a eu une déviation moyenne de l'estimative du modèle par rapport aux données sur les terrains de 36 g m⁻² (RMSD), les Ni ont variés de 55 à 73%. Les données obtenues sur le terrain sont situées dans l'intervalle des traitements simulés.

Les différentes variables de sorties du modèle pour une végétation de type B sont présentées sur la Figure 6. Il est ainsi montré l'augmentation de

la sénescence au moment où la somme de températures arrive à la valeur de la DVF correspondant à ce type de végétation.

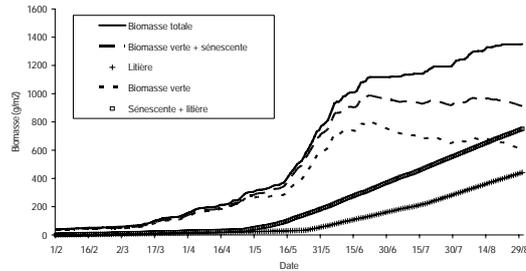


Figure 6 Simulation de la croissance pour la végétation du type B. Données météo 2004, Ercé.

Simulation des variations inter annuelles de la croissance

Le modèle a permis de bien représenter les variations de croissance entre les années, en prenant en compte surtout l'effet hydrique (Fig. 7). Il est ainsi possible de bien identifier l'effet de la sécheresse en 2003. Le modèle est suffisamment sensible pour simuler les écarts de production de biomasse entre années, y compris pour des conditions météorologiques assez semblables, comme pour les années 1999 et 2004.

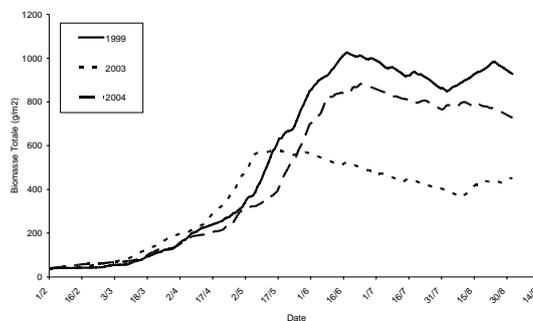


Figure 7. Simulation de l'effet de l'année (1999, 2003 et 2004) sur la production de biomasse, végétation du type A. Données météo Ercé (09)

Conclusions

A niveaux de ressources minérales (Ni) égales, les paramètres du modèle de croissance (capture et conservation du rayonnement) dépendent peu des types fonctionnels de plante (TFP).

La connaissance du PFT dominant dans une prairie permet de paramétrer la sénescence (durée de vie des feuilles) et la phénologie (début montaison et floraison).

L'utilisation des groupements des prairies en types fonctionnels de plantes permet de bien modéliser la croissance de végétations à flore complexe.

Le modèle phénologique utilisé pour le calcul de l'efficacité de conversion du rayonnement et la sénescence est approprié pour simuler la croissance pendant la phase reproductive.

Bibliographie

- Ansquer, P., 2006. Caractérisation agroécologique des végétations prairiales naturelles en réponse aux pratiques agricoles. Apports pour la construction d'outils de diagnostic. Thèse INP de Toulouse.
- Ansquer, P., Theau, J.P., Cruz, P., Viégas, J., Al Haj Khaled, R., Duru, M., 2004. Caractérisation de la diversité fonctionnelle des prairies naturelles. Une étape vers la construction d'outils pour gérer les milieux à flore complexe. *Fourrages*, 179, 353-368.
- Bélanger, G., Gastal, F., Lemaire, G., 1992. Growth analysis of a tall fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. *Crop Science*, 32, 1371-1376.
- Biscoe, P.V., Gallagher, J.N., 1977. Weather, dry matter, production and yield. In Landsberg, J.J., Cutting, C.V (Ed). Environmental effects on crop physiology symposium, [S.I.], 1977. Long Ashton, 75-100.
- Duru, M., Ducrocq, H., Fabre, C., Feuillerac, E., 2002. Modelling net herbage accumulation of an orchardgrass sward. *Agronomy Journal*, 94, 1244-1256.
- Duru, M., Tallowin, J., Cruz, P., 2005. Functional diversity in low-input grassland farming systems: characterisation, effect and management. *Agronomy Research*, 3, 2, 125-138.
- Gosse, G., Chartier, M., Varlet-Grancher, C., *et al.*, 1986. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. *Agronomie*, Paris, 6, 1, 47-58.
- Lemaire, G., Salette, J., 1984. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères : I. Étude de l'effet du milieu. *Agronomie*, 4, 423-430.
- McCall, D.G., Bishop-Hurley, G.J., 2003. A pasture growth model for use in a whole-farm dairy production model. *Agricultural Systems*, 76, 1183-1205.
- Monteith, J.L., 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. Oxford, 9, 747-766.

- Nabinger, C., 1997. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ.13, 15-95.
- Viégas, J., 1998. Análise do desenvolvimento foliar e ajuste de um modelo de previsão do rendimento potencial de matéria seca de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), thèse de doctorat, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Viégas, J., Duru, M., Cruz, P., Theau, J.P., Ansquer, P., Ducourtieux, C., 2005. A herbage growth model for different types of natural grassland. In : O'Mara, F.P., R.J. Wilkins, L. 't Mannetje, D.K. Lovett, P.A.M. Rogers, T.M. Boland (Ed.) Proceedings of the XX International Grassland Congress.