

# Le rami fourrager : un support pour la conception de scénarios de systèmes fourragers avec des éleveurs et des conseillers

G. Martin, B. Felten, M.-A. Magne, M. Piquet, M. Sautier, J.-P. Theau, V. Thenard, M. Duru

**L'incertitude croissante pesant sur le contexte de l'élevage nécessite d'imaginer pour les élevages existants des solutions nouvelles, plus robustes ou plus adaptables vis-à-vis des changements. Afin d'accompagner les conseillers agricoles et les éleveurs dans ce processus, un jeu de plateau appelé le rami fourrager a été développé.**

## RÉSUMÉ

*L'objectif du rami fourrager est de stimuler les discussions entre éleveurs, conseillers agricoles et scientifiques. Ce jeu repose sur un ensemble d'objets intermédiaires (dont les baguettes « fourrages » qui présentent les quantités de fourrages utilisables au fil de l'année pour un ensemble de combinaisons entre une culture fourragère et un mode de gestion) qui traduisent des connaissances scientifiques en informations facilement communicables à des conseillers agricoles et des éleveurs. Les joueurs sélectionnent des baguettes et les combinent à la recherche de l'assemblage qui permettra de réaliser leurs objectifs de production animale. L'intérêt de ce jeu est illustré par un exemple d'application à la conception de scénarios de systèmes fourragers adaptés aux changements climatiques.*

## SUMMARY

**Forage Rummy: A board game for developing forage system scenarios with livestock farmers and agricultural consultants**

*The increasing uncertainty weighing on livestock farming requires that livestock farmers try and find new solutions that are better adapted and suited to a changing context. This board game, called Forage Rummy, helps agricultural consultants and farmers deal with these issues by encouraging exchange and discussion. This card game is based on tokens used to translate expert scientific knowledge into easily accessible information: for example, the 'forage' tokens represent the quantity of forage used over a period of a year, for a combined variety of forage crops and management practices. Players select the tokens and try and combine them in order to successfully achieve their objectives. An example of the way this board game can be used to educate farmers, is using it to develop forage system scenarios that are adapted to climate change.*

## Introduction

Les éleveurs sont confrontés à une incertitude croissante dans leur activité. Cette incertitude est causée par des changements complexes, interdépendants et difficilement prévisibles du contexte de production (climatique, économique, etc.). Afin de tirer parti des opportunités et de limiter les contraintes et conséquences négatives générées par ces changements de contexte, les éleveurs gèrent leurs élevages de manière adaptative (DARNHOFER *et al.*, 2010). Les adaptations mises en œuvre peuvent aussi bien relever des moyens de production (surfaces,

machines, espèces végétales, etc.) que de l'organisation et la gestion qu'en fait l'éleveur (chargement, rationnement, mode de pâturage, etc.). Dans ces conditions, il convient d'imaginer des voies pour affronter ce contexte incertain et, pour ce faire, de concevoir des élevages qui, outre leurs performances agronomiques, économiques et environnementales, soient robustes ou adaptables vis-à-vis des changements de contexte.

La complexité des changements en jeu ainsi que la nécessité d'imaginer des élevages qui soient pertinents, acceptables et réalisables du point de vue des éleveurs requièrent de combiner des connaissances portées par

## AUTEURS

INRA, UMR 1248 AGIR, F-31326 Castanet Tolosan ; guillaume.martin@toulouse.inra.fr

**MOTS CLÉS** : Bovin, développement agricole, exploitation agricole, gestion des prairies, gestion du troupeau, modélisation, système fourrager.

**KEY-WORDS** : Agricultural development, cattle, farm, forage system, herd management, modelling, pasture management.

**RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE** : Martin G., Felten B., Magne M.-A., Piquet M., Sautier M., Theau J.-P., Thenard V., Duru M. (2012) : "Le rami fourrager : un support pour la conception de scénarios de systèmes fourragers avec des éleveurs et des conseillers", *Fourrages*, 210, 119-128

une pluralité d'acteurs : i) les conseillers agricoles qui ont une très bonne connaissance des avantages et limites d'une large gamme d'orientations technico-économiques et de pratiques dans une région donnée ; ii) les éleveurs qui, pour assurer la pérennité de leurs élevages, imaginent continuellement des adaptations, les mettent en œuvre et les évaluent ; iii) les chercheurs qui produisent des connaissances sur l'impact des changements du contexte de production sur les cultures fourragères (prairies permanentes, prairies semées, maïs fourrager, etc.) et des méthodes pour concevoir des alternatives aux élevages actuels. Dès lors, la conception de scénarios de ces alternatives doit emprunter une démarche participative impliquant l'ensemble de ces acteurs.

Pour accompagner la conception participative de scénarios innovants aux systèmes fourragers actuels, nous avons développé un jeu de plateau appelé le rami fourrager<sup>1</sup> (MARTIN *et al.*, 2011a). Tout en utilisant un plateau de jeu traditionnel et des cartes, ce jeu intègre des connaissances scientifiques pluridisciplinaires (pour certaines incluses dans des modèles de simulation) et des connaissances empiriques en impliquant les conseillers agricoles et les éleveurs au cœur du processus de conception. **Le rami fourrager est une approche de conception de scénarios de systèmes fourragers adaptable à une grande diversité de questions.** Dans cet article, nous présentons le rami fourrager et les grands principes de son utilisation au cours d'ateliers participatifs. Nous fournissons ensuite un exemple d'application à la conception de scénarios de systèmes fourragers adaptés aux changements de contexte notamment climatique à l'horizon 2050. Enfin, nous discutons son intérêt pour les chercheurs, les conseillers agricoles et les éleveurs.

## 1. Le rami fourrager

### ■ Définition du système fourrager

Le système fourrager est le plus souvent représenté comme un ensemble de parcelles, de stocks fourragers et d'animaux (par ex. CROS *et al.*, 2004). En fonction de la gestion qu'en fait l'éleveur, ces éléments font l'objet d'échanges de matières (fourrages, fumier, lait, viande, etc.) à l'intérieur du système fourrager ou avec l'environnement de ce système. Compte tenu de nos objectifs, nous avons considéré que cette représentation, largement partagée, était inappropriée pour au moins deux raisons. Premièrement, dans de nombreuses fermes, le troupeau est subdivisé en lots d'animaux dont les gestions peuvent s'avérer très différentes. Considérant que la gestion de cette diversité de lots constitue une source d'adaptation (DARNHOFER *et al.*, 2010), représenter ces lots d'animaux s'est avéré nécessaire. Deuxièmement, le nombre de parcelles dans une ferme peut être très élevé. Représenter ces parcelles individuellement aurait pu compromettre la maniabilité du jeu de plateau. En pratique, les éleveurs constituent des groupes de parcelles, chaque groupe correspondant à une combinaison entre une culture

fourragère et un mode de gestion. Les parcelles de chaque groupe sont ensuite recombinaisonnées pour constituer des assemblages de surfaces allouées à des lots d'animaux. Un assemblage est destiné à l'alimentation d'un lot d'animaux.

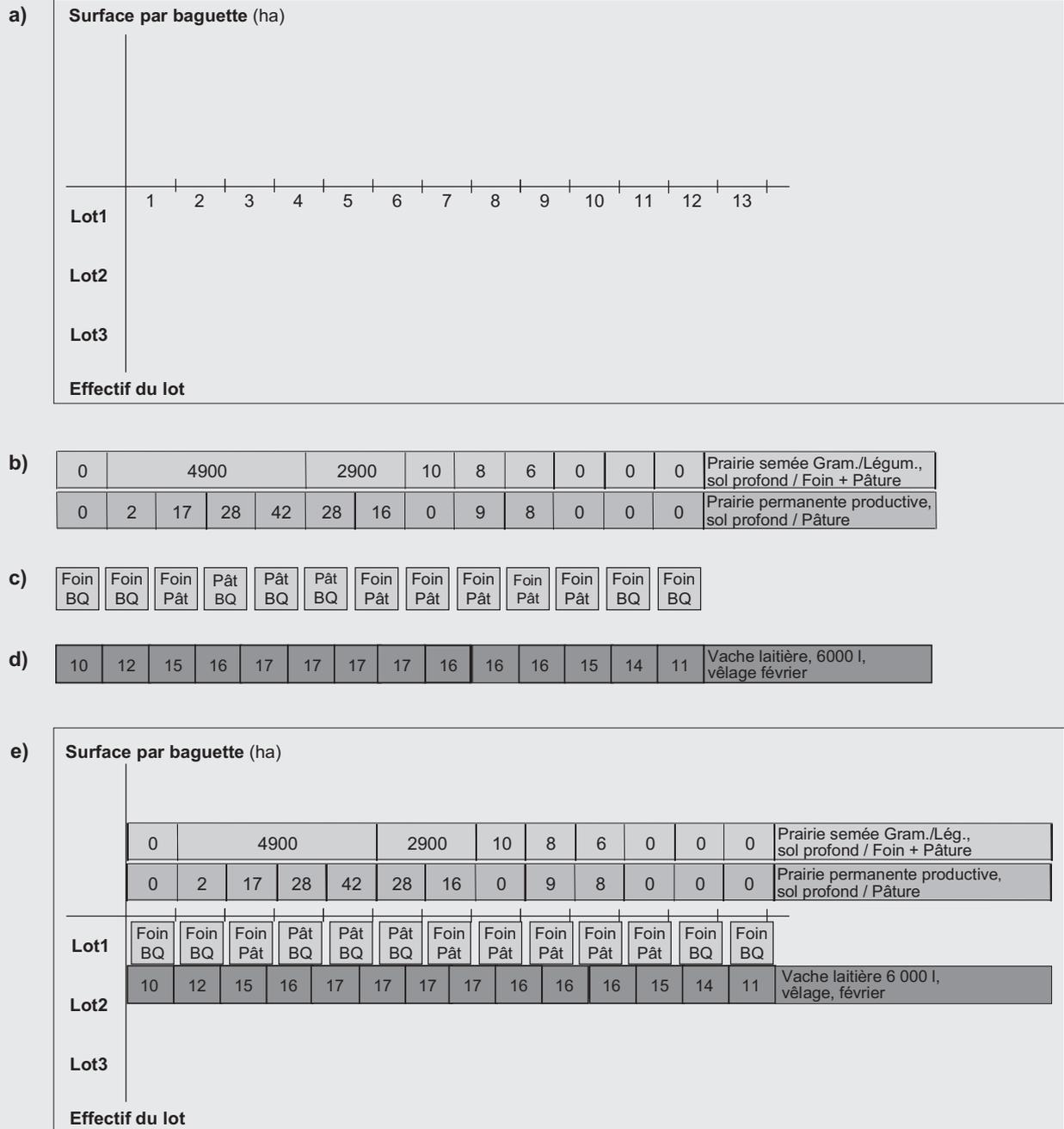
Dans l'espace, **le système fourrager est ainsi représenté par un ensemble de combinaisons entre des lots d'animaux et des assemblages de surfaces allouées à des cultures fourragères.** Pour représenter la dynamique du système fourrager, l'horizon temporel d'une année a été retenu ainsi qu'un pas de temps de quatre semaines. En effet, la gestion de la ferme, et en particulier des échanges de matière à l'intérieur du système fourrager ou avec son environnement, se raisonne en général à l'échelle d'une année (SHEATH et CLARK, 1996). Enfin, le pas de temps de quatre semaines a été considéré adéquat car il permet de représenter les variations saisonnières des processus biophysiques (par ex. la croissance de l'herbe) tout en limitant le nombre de périodes à considérer au fil de l'année (13 pour une année).

### ■ Éléments matériels pour concevoir

Dans un système fourrager, l'éleveur doit satisfaire l'alimentation des lots d'animaux en dépit des variations inter- et intra-annuelles de la production fourragère. Ce problème de gestion est représenté sur le plateau de jeu (figure 1). Horizontalement, **le plateau de jeu est divisé en 13 périodes de 4 semaines**, *i.e.* une année. Verticalement, la partie supérieure représente les surfaces allouées aux différentes cultures fourragères (en hectares). La partie inférieure représente les besoins alimentaires journaliers de l'animal représentatif (selon des critères morphologiques, physiologiques, alimentaires et de reproduction) d'un lot d'animaux (en kg de matière sèche par hectare et par jour). Le plateau de jeu est donc la traduction matérielle de la définition d'un système fourrager présentée ci-dessus.

Les cultures fourragères présentent des différences importantes de productivité, de saisonnalité et de valeur nutritive (voir par ex. DURU *et al.*, 2007, pour les prairies permanentes). Ces différences se répercutent sur la façon dont les éleveurs assemblent les différentes cultures fourragères (DURU *et al.*, 2011b). Il nous a donc semblé nécessaire de représenter explicitement ces différences dans le jeu. Par conséquent, le jeu contient un certain nombre de **baguettes « fourrages »** (en bois sur lesquelles sont collées des données imprimées sur papier, figure 1). Chaque baguette **correspond à une combinaison entre une culture fourragère et un mode de gestion** (par ex. une prairie permanente précoce et productive pâturée six fois dans l'année). Ces combinaisons sont déterminées à partir de l'expertise des chercheurs, enrichie par celle des conseillers agricoles et des éleveurs au fil des mises en œuvre du rami fourrager. Les quantités de fourrages utilisables pour le pâturage durant chacune des 13 périodes de 4 semaines (en kg de matière sèche par hectare et par jour) ou pour faire des stocks sur une à plusieurs périodes de 4 semaines (en kg de matière sèche par hectare) sont imprimées sur les baguettes « fourrages ». Ces

1 : Le rami fourrager est disponible sur demande auprès de l'auteur



Horizontalement, le plateau de jeu (représentant une année) est divisé en 13 périodes de quatre semaines. Verticalement, le plateau de jeu est divisé en 3 parties. La partie supérieure permet d'écrire les surfaces allouées à chacune des baguettes "fourrages" choisies. La partie inférieure permet d'écrire l'effectif du (des) lots d'animaux considérés. e) Pour chacune des 13 périodes de quatre semaines, les cartes "rations" spécifient le type de ration (par ex. FoinBQ : foin de bonne qualité) alloué au lot, les baguettes "fourrages" mentionnent les quantités de fourrages utilisables pour le pâturage (en kg MS/ha/jour) ou pour faire des stocks (en kg MS/ha lorsque plusieurs cases correspondant à des périodes de 4 semaines sont fusionnées sur les baguettes) et les baguettes "animaux" indiquent les besoins alimentaires de l'animal représentatif du lot (en unité d'encombrement par jour).

FIGURE 1: Présentation schématique du rami fourrager : a) plateau de jeu, b) baguettes « fourrages », c) cartes « rations », d) baguettes « animaux », e) illustration.

FIGURE 1 : Brief presentation of the forage rummy board game: a) game board, b) 'forage' tokens, c) 'ration' cards, d) 'cattle' tokens e) illustration.

quantités sont obtenues soit à partir de bases de données, soit en utilisant des modèles de croissance des cultures fourragères (par ex. DURU *et al.*, 2009 ; 2010), soit à partir des connaissances des acteurs. Selon la question à traiter, il peut s'agir de quantités de fourrages utilisables pour une année climatique moyenne ou pour une année spécifique.

Les animaux quant à eux présentent des différences importantes en termes de besoins alimentaires (du fait de leur stade physiologique, de leur niveau de production...). La façon dont les éleveurs constituent leurs lots d'animaux tient compte de ces différences. A nouveau, il nous a donc semblé nécessaire de représenter explicitement ces différences dans le jeu. Par conséquent, le jeu contient un certain nombre de **baguettes « animaux »** (figure 1). Chaque baguette **correspond à une combinaison entre un animal représentatif d'un lot et son mode de gestion** (par ex. une vache laitière très productive vêlant mi-octobre). Ces combinaisons sont déterminées à partir de l'expertise des chercheurs, enrichie par celle des conseillers agricoles et des éleveurs au fil des mises en œuvre du rami fourrager. Les besoins alimentaires de l'animal représentatif d'un lot (en unités d'encombrement par jour) pour chacune des 13 périodes de 4 semaines sont imprimés sur ces baguettes. Ces besoins alimentaires sont obtenus soit à partir de bases de données, soit en utilisant des modèles de simulation du rationnement (par ex. INRA, 2007), soit à partir des connaissances des acteurs. Selon la question à traiter, il peut s'agir de besoins alimentaires pour une année moyenne ou pour une année spécifique.

Les **cartes « rations »** sont les derniers éléments matériels supports du processus de conception. Chaque carte spécifie un type de ration (par ex. foin de bonne qualité et enrubannage) alloué à un lot d'animaux sur une période de 4 semaines.

## ■ Déroulement d'un atelier utilisant le rami fourrager

**L'animateur commence par présenter le scénario dans le cadre duquel le jeu va se dérouler, ainsi que les hypothèses qui caractérisent ce scénario.** Il s'agit là d'une description de l'état (actuel ou futur imaginé) du contexte de production (climatique, économique, institutionnel, etc.) de la ferme pour laquelle un système fourrager doit être conçu. Cette description combine des informations quantitatives et qualitatives, sur l'environnement du système (par ex. sur le climat), sur l'impact de l'environnement sur les processus biophysiques (par ex. l'impact du climat sur la croissance de l'herbe) et sur les caractéristiques clés des moyens de production (par ex. surfaces utiles, nombre d'animaux, contraintes sur les possibilités de labour) et de l'orientation technico-économique de cette ferme (par ex. production laitière par vache, chargement au pâturage). Certains objectifs particuliers que le système fourrager doit remplir peuvent aussi être spécifiés (par ex. autonomie fourragère, robustesse vis-à-vis de la variabilité climatique ou production

de lait sur une période précise de l'année). Le scénario est élaboré soit à partir de la littérature, soit à partir d'ateliers impliquant différents acteurs (scientifiques, socio-économiques, institutionnels, etc.), soit à partir de données disponibles s'il s'agit du contexte actuel.

**Dans un second temps, le rami fourrager** (plateau de jeu, baguettes « fourrages » et « animaux », cartes « rations » ainsi que les règles pour les utiliser) **est présenté aux joueurs.** Si ces éléments ne sont pas imposés par le scénario, les joueurs déterminent la (les) période(s) de vêlage et éventuellement la productivité animale permettant d'atteindre les objectifs fixés dans le scénario. Ils choisissent alors les baguettes « animaux » correspondantes. Ainsi équipés, les joueurs définissent les rations des lots à l'échelle d'une année, i.e. pour chacune des 13 périodes de 4 semaines. Les joueurs se mettent alors en quête de l'assemblage de baguettes « fourrages » et de surfaces allouées à ces baguettes qui permettent de satisfaire les besoins alimentaires des lots d'animaux. A l'aide du support visuel que constituent les baguettes et des surfaces allouées aux baguettes « fourrages » ou de l'effectif des lots d'animaux assigné aux baguettes « animaux » (à multiplier par les productions par hectare et besoins alimentaires par animal - corrigés de la ration<sup>2</sup>- contenues sur les baguettes « fourrages » et « animaux » respectivement), une attention particulière doit donc être portée aux variations saisonnières de la production fourragère et des besoins alimentaires des animaux.

**Le jeu consiste alors en une itération de deux étapes, la première de conception d'un scénario de système fourrager adapté pour le scénario du contexte de production considéré, la seconde d'évaluation de la faisabilité biotechnique de ce système.** Par exemple, l'évaluation consiste à vérifier que la proportion de cultures fourragères nécessitant un labour n'excède pas la proportion de surfaces labourables définie par le scénario. De même, si le scénario définit une productivité animale à atteindre pour être économiquement viable, l'évaluation consiste à vérifier que le système fourrager conçu permet de satisfaire les besoins alimentaires associés à cette productivité animale. Dans le cas contraire, des itérations supplémentaires de conception et d'évaluation sont mises en œuvre jusqu'à identifier une solution qui satisfasse ces besoins alimentaires.

Au fil des itérations de conception et d'évaluation, les joueurs peuvent modifier les cartes « rations » ainsi que les baguettes « fourrages » et « animaux » qu'ils avaient initialement choisies afin de tester de nouvelles combinaisons de ces baguettes. Ils peuvent ainsi s'approcher de ce qu'ils considèrent comme le système fourrager le plus adapté, c'est-à-dire pertinent, acceptable et réalisable, dans le contexte du scénario. Durant le jeu, l'animateur répond aux questions posées par les joueurs, pour amener des informations si la discussion « tourne en rond », ou pour poser des questions de façon à stimuler les discussions entre joueurs. Par exemple, si les baguettes « fourrages »

2 : capacité d'ingestion exprimée en unités d'encombrement convertie en kilogrammes de matière sèche compte tenu de la proportion et de l'encombrement des aliments composant la ration

| Production laitière, en région de piémont  |   |  |
|--|---|--|
| Scénario   | Libéralisation  | Relocalisation   |
| <b>Tendances communes*</b>   |   |  |
| - Climat   | Changement climatique : + 1,5°C en moyenne, + 3°C en été, + 0,5°C en hiver<br>Diminution de 28 % des précipitations annuelles, diminution concentrée sur le printemps<br>Doublement de la période sur laquelle pluie < évapotranspiration potentielle   |  |
| - Production fourragère  | Augmentation de la production avec changement dans la temporalité de la production<br>Augmentation de la production au printemps et en automne, diminution en été<br>Avancement de 10 jours des stades phénologiques<br>Stress hydrique sévère durant 5 mois sur les sols superficiels en piémont                       |  |
| - Contexte socio-économique  | Augmentation de la demande en produits alimentaires (population mondiale : 9 milliards de personnes)<br>Doublement du coût de l'énergie et des matières premières   |  |
| <b>Spécificités*</b>   |   |  |
| - Contexte de la production  | - Prix du lait diminué par 2 sauf durant 2 mois ; production de lait à hautes vertus technologiques (par ex. pour les cosmétiques)<br>- Pas d'aides type PAC<br>- Pas de contrats pour des services environnementaux  | - Demande locale pour des produits de qualité à forte valeur ajoutée<br>- 50 % du revenu provenant d'aides liées à la multifonctionnalité<br>- Contrats pour des services environnementaux   |
| - Orientation technico-économique  | - Optimisation de la productivité du travail et des coûts de production<br>- Intensification du troupeau ( <i>Ferme 1</i> ) ou des surfaces ( <i>Ferme 2</i> )  | - Transformation laitière<br>- Multifonctionnalité<br>- Faible intensification<br>- Valorisation de la diversité du territoire et de la biodiversité   |
| - Dépendance de la ferme sur son environnement   | - Autonomie pour les machines et l'énergie<br>- Travailleurs saisonniers<br>- Achat de fourrages et de concentrés   | - Autonomie pour les machines, l'énergie, la force de travail et les fourrages   |
| <b>Principales caractéristiques des fermes types définies*</b>   |   |  |
|  | - <b>Ferme 1</b> : troupeau : 80 vaches Holstein (9 000 kg/305 j de lactation), vêlages en hiver ; surface : 45 ha ; équipement moderne, beaucoup d'intrants<br>- <b>Ferme 2</b> : troupeau : 130 vaches Holstein (5 000 kg/210 j de lactation), vêlages en hiver ; surface : 70 ha ; peu d'équipements, peu d'intrants | - <b>Ferme 1</b> : troupeau : 25 vaches Simmental (5 000 kg/305 j de lactation), vêlages répartis sur l'année ; surface : 50 ha ; équipement partagé, peu d'intrants.<br>- <b>Ferme 2</b> : troupeau : 120 vaches Simmental (5 000 kg/210 j de lactation), vêlages en hiver ; surface : 250 ha ; peu d'équipement (location), peu d'intrants |
| * Les éléments sur le climat proviennent des scénarios climatiques de l'IPCC (2007) analysés à l'échelle de la région d'étude. Les éléments sur la production fourragère proviennent de simulations avec des modèles de croissance des cultures fourragères. Les autres éléments proviennent de cinq ateliers participatifs impliquant une vingtaine d'acteurs régionaux. Les fermes types définies sont considérées viables et vivables dans le cadre des scénarios. Les races de bovins sont spécifiées pour fournir une idée par rapport aux races actuellement rencontrées dans la région. |   |  |

TABLEAU 1 : Principales caractéristiques des scénarios développés pour l'horizon 2050 et caractéristiques des 2 fermes types conçues pour chaque scénario.

TABLE 1 : Main characteristics of scenarios developed for 2050 and characteristics of the 2 farming models imagined for each scenario.

représentent la production fourragère pour une année climatique moyenne, les questions des chercheurs aux joueurs peuvent porter sur la sensibilité du système fourrager conçu à la variabilité climatique. Ces questions permettent également d'évaluer si le(s) système(s) fourrager(s) conçu(s) fait(font) consensus entre les joueurs.

## ■ Feuille de calcul pour évaluer

L'objectif associé à l'utilisation du rami fourrager est de stimuler les discussions entre éleveurs, conseillers agricoles et scientifiques. L'adéquation entre production fourragère et besoins alimentaires des animaux sur chacune des 13 périodes de 4 semaines est vérifiée au moyen de calculs de cohérence qui peuvent s'avérer fastidieux. C'est pourquoi nous avons adjoint aux éléments matériels **un tableur qui automatise le calcul des indicateurs utilisés pour l'évaluation des systèmes fourragers conçus**. Ce tableur rappelle les informations suivantes :

- caractéristiques clés du système fourrager à concevoir telles que définies par le scénario ;

- choix de gestion des lots d'animaux (date de vêlage, ration sur l'année) ;

- choix des cultures fourragères et de leurs modes de gestion, et surfaces allouées à ces cultures.

Le tableur fournit ensuite les indicateurs et graphes suivants :

- les besoins alimentaires des animaux sur chaque période de 4 semaines ;

- la production fourragère sur chaque période de 4 semaines ;

- la quantité d'aliment ingérée pour chaque aliment sur chaque période de 4 semaines ;

- la satisfaction des besoins alimentaires des animaux, les éventuels surplus au pâturage, les stocks fourragers consommés sur chaque période de 4 semaines ;

- la distribution de la surface entre cultures fourragères choisies ;

- la distribution entre herbe pâturée, stocks fourragers et concentrés consommés par les animaux à l'échelle d'une année.

L'ensemble de ces informations est disponible pour les joueurs à tout moment du jeu. Si nécessaire, les

chercheurs expliquent la signification des indicateurs et leur mode de calcul. Ainsi, les joueurs disposent d'informations transparentes pour choisir de s'engager ou non dans une nouvelle itération de conception et d'évaluation d'un scénario de système fourrager.

## 2. Exemple d'application : adaptation des élevages au changement climatique

### ■ Développement des scénarios

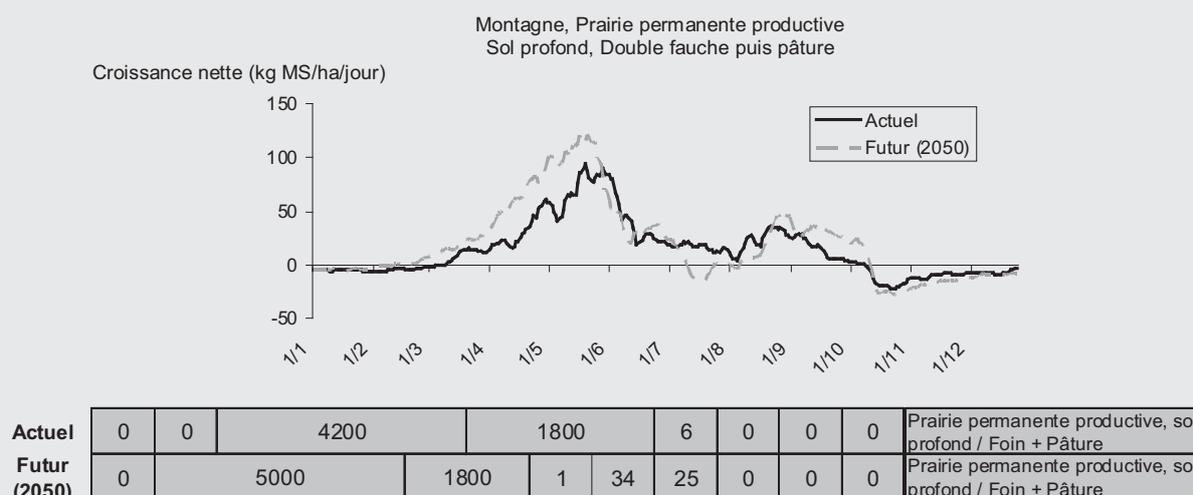
L'exemple présenté a été mis en œuvre dans le cadre d'un projet (ANR VMC VALIDATE : Vulnérabilité des prairies et des élevages au changement climatique et aux événements extrêmes) dont le but était d'**analyser la vulnérabilité des prairies et des élevages aux changements climatiques et aux événements extrêmes à l'horizon 2050**. Le sud de la région Midi-Pyrénées (piémont et montagne des Pyrénées centrales) a été choisi comme terrain d'étude de l'adaptation des systèmes fourragers à ce contexte. A partir du scénario climatique A1B de l'IPCC (2007), des projections climatiques de températures et de précipitations réalisées avec le modèle ARPEGE (DEQUE *et al.*, 1994) ont été réduites à l'échelle locale (maille de 8 x 8 km). En complément de ces projections climatiques, nous avons organisé des **ateliers participatifs impliquant une vingtaine d'acteurs régionaux** (institutionnels, associatifs, économiques, etc.) pour imaginer les changements technologiques, socio-économiques et politiques à l'horizon 2050 (FELTEN *et al.*, 2010). Ces ateliers ont permis de définir deux scénarios, l'un de libéralisation, l'autre de relocalisation de la production alimentaire. **Deux fermes types considérées** viables et vivables, et différenciées par la surface agricole utile et la

taille du troupeau, ont été définies pour chacun des deux scénarios de production de bovins laitiers (tableau 1).

### ■ Développement des baguettes

Les baguettes « fourrages » (figure 2) ont été **conçues pour une zone de piémont pyrénéen** (point central : 43°04 N, 0°57 E, altitude moyenne : 350 m, température annuelle moyenne : 12,0°C, cumul des précipitations annuelles : 992 mm, cumul de l'évapotranspiration annuelle : 1 200 mm) dans laquelle se trouvent de nombreux élevages laitiers. **Treize cultures fourragères** (par ex. prairie permanente précoce et productive, prairie permanente tardive et peu productive, sorgho fourrager) **ont été** considérées comme pertinentes pour cette zone et **combinées avec un à trois modes de gestion** différents (par ex. fauche puis pâturage, déprimage puis fauche puis pâturage, pâturage). Pour le passé et pour l'horizon 2050, sept années climatiques ont été sélectionnées au hasard. A partir de ce matériel, **des simulations ont été conduites avec des modèles de croissance des cultures fourragères** (DURU *et al.*, 2009 ; BRISSON *et al.*, 2003), des moyennes de leurs résultats ont été calculées puis imprimées sur les baguettes. Le modèle de croissance des prairies utilisé (DURU *et al.*, 2009, intégré dans MARTIN *et al.*, 2011b) intègre les contraintes d'accès aux fourrages liées par exemple à la portance des sols, qui peuvent modifier fortement les performances des systèmes fourragers (MARTIN *et al.*, 2010 et 2011c). Pour l'horizon 2050, la proposition d'OLIOSO *et al.* (2010) a permis de tenir compte de l'effet de la concentration accrue en dioxyde de carbone dans l'atmosphère sur l'ouverture des stomates des plantes.

Comme le scénario considéré et établi par le groupe d'acteurs régionaux imposait d'utiliser une race de



Ces 2 baguettes « fourrages » spécifient la quantité de fourrages utilisable pour le pâturage (kg MS/ha/jour) et pour faire des stocks (kg MS/ha) lorsque plusieurs cases correspondant à des périodes de 4 semaines sont fusionnées sur les baguettes pour les conditions actuelles et pour 2050.

FIGURE 2 : Exemple de résultats de simulations réalisées pour caractériser l'impact du changement climatique sur les cultures fourragères en 2050, et baguettes « fourrages » correspondantes construites à partir de ces résultats.

FIGURE 2 : Examples of results based on the scenarios developed to simulate the impact of climate change on forage crops in 2050, and selected 'forage' tokens based on these results.

**bovins laitiers, leur productivité ainsi que leurs périodes de vêlage, les capacités d'ingestion nécessaires au développement des baguettes « animaux » ont été calculées** avec un modèle de rationnement des animaux (INRA, 2007) selon ces spécifications (tableau 1).

## ■ Un exemple de conception de scénarios de systèmes fourragers adaptés à 2050

Cinq ateliers participatifs utilisant le rami fourrager ont été organisés au cours de ce projet. L'atelier relaté dans cet article visait à concevoir le système fourrager des fermes 1 et 2 de bovins laitiers du scénario de relocalisation de la production alimentaire (tableau 1). Cet atelier a impliqué deux éleveurs et trois chercheurs durant deux heures. La présentation des scénarios, et en particulier de l'impact du changement climatique sur la croissance des différentes cultures fourragères (figure 2), a d'ores et déjà donné lieu à des discussions fort intéressantes reportées et analysées ailleurs (DURU *et al.*, 2011a ; MARTIN *et al.*, 2011a). Ici, la conception et l'évaluation du scénario de système fourrager de la ferme 1 destiné au lot de vaches laitières (tableau 1) sont présentées plus en détails.

Le jeu a commencé par la sélection des cartes « ration ». Etant donné les attentes sociétales fortes en termes de multifonctionnalité de l'élevage imposées par le scénario (tableau 1), les éleveurs ont décidé de supprimer le maïs et toute autre culture ensilée de la sole fourragère, afin de donner la priorité aux prairies pâturées et fanées. S'appuyant sur la présentation de l'impact des changements climatiques sur les cultures fourragères qui leur avait été faite, les éleveurs ont considéré que la ration hivernale (4 périodes) s'appuierait sur du foin de bonne qualité. Ils ont également estimé que du pâturage pouvait être introduit dans la ration dès février (une période), devenant l'élément principal de la ration au printemps (3 périodes), mais qu'il fallait compléter ce pâturage par du foin en été et, dans une moindre mesure, à l'automne (5 périodes). Pour les concentrés produits sur la ferme, les éleveurs ont choisi le blé tendre et la luzerne distribués à raison de 5 kg/jour au pic de lactation et 1 kg/jour en fin de lactation. Les vêlages étant répartis sur l'année (tableau 1), cela correspond à une ingestion quotidienne par l'animal représentatif du troupeau de 2,5 kg. A partir de ces informations et grâce aux spécifications du scénario (cf. ci-dessus, le développement des baguettes), les besoins alimentaires de cet animal représentatif ont pu être traduits sur la baguette « animaux » en quantités à ingérer. Cette baguette a immédiatement été placée sur le plateau de jeu.

Confrontés au choix des baguettes « fourrages », les joueurs ont discuté de l'opportunité de donner priorité au pâturage ou à la fauche dans l'organisation du système fourrager. Leurs avis divergeaient. L'un considérait que, comme le pâturage est économique et requiert peu de travail, il devrait être le pilier autour duquel le système fourrager s'articule. L'autre considérait au contraire que la réalisation de stocks fourragers est moins exigeante en travail que la gestion du pâturage. Un système donnant

priorité à la constitution de stocks a tout d'abord été conçu. Des parcelles de blé tendre, de luzerne, de prairies permanentes et de prairies semées, en particulier de mélanges graminées - légumineuses, composent ce système fourrager. Les mélanges de graminées - légumineuses ont été choisis car ils tolèrent mieux les épisodes de stress hydriques que les autres prairies et ils permettent ainsi d'avoir du fourrage sur pied disponible en été. Dans le contexte de 2050, d'après les indicateurs fournis par la feuille de calcul, un tel système fourrager produirait presque trois fois la quantité de stocks fourragers consommés par le lot de vaches laitières sur une année. Dans ces conditions, les éleveurs ont discuté les points suivants :

- s'en tenir au système fourrager conçu et considérer que le surplus de stocks fourragers est vendu pour payer les coûts énergétiques associés à la fenaison de 30 ha ;

- poursuivre le jeu en remplaçant les prairies semées par des prairies permanentes qui sont moins productives mais plus multifonctionnelles ;

- poursuivre le jeu en redimensionnant les surfaces fauchées et pâturées et en augmentant éventuellement la part de prairies semées avec des mélanges de graminées - légumineuses pour accroître la part de pâturage dans la ration estivale ;

- poursuivre le jeu en recherchant des adaptations sur les lots d'animaux, par exemple en organisant un

|  | Système actuel          | Système conçu pour 2050         |
|--|-------------------------|---------------------------------|
| Surface agricole utile (ha)  | 42                      | 50                              |
| Nombre de vaches laitières   | 45                      | 25                              |
| Type de vaches laitières   | Prim'Holstein           | Race rustique (p.ex. Simmental) |
| Production laitière annuelle des vaches (kg de lait/vache/an)      | 7 500                   | 5 000                           |
| Période de vêlage  | Automne                 | Répartition sur l'année         |
| Devenir du lait  | Livraison à la laiterie | Transformation sur la ferme     |
| Système fourrager :  |                         |                                 |
| - Maïs fourrager (ha)  | 14                      | 0                               |
| - Prairies permanentes productives (ha)                            | 16                      | 5                               |
| - Prairies semées avec des mélanges de graminées (ha)              | 8                       | 0                               |
| - Prairies semées avec des mélanges de graminées-légumineuses (ha) | 4                       | 25                              |
| - Prairies permanentes tardives (ha)                               | 0                       | 10                              |
| - Surface déprimée (ha)  | 4                       | 25                              |
| - Blé tendre (ha)  | 0                       | 5                               |

**TABEAU 2 : Principales caractéristiques de l'élevage type actuel dans la région d'étude et de l'élevage développé à partir de ce cas pour la Ferme 1 du scénario de relocalisation de la production alimentaire à l'horizon 2050 dans un des ateliers participatifs.**

*TABLE 2 : Main characteristics of the current livestock farming model within the geographical area of the study, compared to the farming model developed for Farm n°1, during one of these participative workshops, on the basis of the scenario involving food production relocalisation for 2050.*

pâturage tournant des vaches laitières avec les génisses pour augmenter le chargement et ainsi diminuer le gaspillage au pâturage de printemps.

Au cours de ces discussions, les éleveurs ont effectué trois itérations supplémentaires de conception et d'évaluation de scénarios de systèmes fourragers, donnant progressivement une importance accrue au pâturage dans l'organisation du système fourrager. Au final, le système fourrager retenu est en rupture avec les systèmes fourragers rencontrés actuellement dans la zone d'étude (tableau 2).

### 3. Discussion : intérêts et limites du rami fourrager

#### ■ Pour les joueurs

Evaluer les bénéfices associés à la mise en œuvre de démarches participatives s'appuyant sur la modélisation est un exercice délicat car la littérature sur le sujet est peu abondante (MATTHEWS *et al.*, 2011). Sur la base de l'application présentée dans le présent article et d'autres expériences, plusieurs points méritent d'être soulignés. **Le rami fourrager a stimulé des discussions souvent animées, enthousiastes et argumentées sur l'élevage, les façons de produire, les techniques et les orientations technico-économiques** les plus avantageuses. Au cours des itérations de conception et d'évaluation de scénarios de systèmes fourragers, les éleveurs ont confronté leurs points de vue sur les avantages et désavantages de ces différentes options et partagé leurs connaissances. **Cette réflexion a été alimentée par une base de données considérable** sur le climat et la réponse des cultures fourragères au climat, mise à la disposition des joueurs. Ainsi, dans le cadre de l'exemple d'application présenté, les éleveurs nous ont signifié avoir appris sur cette thématique et notamment sur la résistance au stress hydrique des différents types de prairies (DURU *et al.*, 2011a). Le rami fourrager a également permis aux joueurs de discuter et réfléchir aux possibles adaptations de leurs systèmes fourragers actuels.

Le rami fourrager a donc constitué une plate-forme matérielle et sociale d'expérimentation virtuelle grâce à laquelle les joueurs ont acquis des connaissances et développé leur capacité à concevoir des systèmes fourragers adaptés à une diversité de contextes de production parfois en rupture avec le contexte de production actuel. Nous avons identifié plusieurs facteurs qui pourraient expliquer cette aptitude du rami fourrager à supporter ce processus. La **nature interactive et itérative du jeu** est un premier facteur favorable (VOINOV et BOUSQUET, 2010). L'**utilisation d'objets intermédiaires** tels que les baguettes « fourrages » en est un autre. Ces objets intermédiaires permettent aux chercheurs de traduire des connaissances scientifiques pertinentes, mais peu compréhensibles par d'autres personnes du même domaine, en informations intelligibles et facilement communicables. Ces objets améliorent donc l'interface et la communication entre science

et société, et par conséquent la maniabilité du jeu par les joueurs. Cette maniabilité est également assurée par la feuille de calcul qui permet de rapidement évaluer un système fourrager pour décider si une nouvelle itération de conception et d'évaluation doit être conduite. Cette maniabilité est illustrée par la grande diversité de systèmes fourragers (tableau 1) qui ont été conçus en s'appuyant sur le rami fourrager.

Pour que les joueurs tirent des bénéfices de cet exercice, il est nécessaire de respecter un certain nombre de principes. **La raison pour laquelle les joueurs sont invités à participer doit être claire et pertinente au regard de leurs préoccupations** (MATTHEWS *et al.*, 2011). Par exemple, dans l'application, les joueurs se sont pris au jeu après avoir exprimé qu'ils avaient déjà été confrontés aux effets des changements climatiques sur leurs systèmes fourragers. Le scénario dans le cadre duquel le jeu se déroule doit être bien assimilé par les joueurs, en particulier lorsque ce scénario est en rupture avec le contexte actuel ou avec les projections usuelles. Le bon déroulement du jeu dépend des relations sociales entre les joueurs qui doivent être suffisamment cordiales pour que chacun puisse exprimer son point de vue (VOINOV et BOUSQUET, 2010). Enfin, il faut que les joueurs soient suffisamment avertis sur les systèmes fourragers.

**Les autres limites principales** du rami fourrager **portent sur les connaissances et les modèles sur lesquels s'appuie le processus de conception et d'évaluation**. Ces connaissances et modèles peuvent constituer un frein à la créativité des joueurs. En effet, seules des adaptations pour lesquelles des connaissances ou des modèles scientifiques ou empiriques sont disponibles peuvent être évaluées. C'est la raison pour laquelle, dans l'exemple d'application présenté, la validité des objets intermédiaires tels que les baguettes « fourrages », créées à partir de connaissances et modèles validés dans les conditions actuelles, peut être questionnée dès lors que l'on se projette à un horizon aussi lointain que 2050. Une autre limite de l'exemple d'application est que les baguettes « fourrages » construites pour l'occasion considéraient une année climatique moyenne. Si cela s'avère adapté pour travailler sur les tendances du changement climatique, traiter de la variabilité climatique ou de l'occurrence d'événements climatiques extrêmes devient plus difficile, faute d'informations suffisantes sur les baguettes.

#### ■ Pour les chercheurs

Pour les chercheurs, le rami fourrager fournit deux types d'informations. Premièrement, il est **l'occasion de faire évaluer par les conseillers agricoles et les éleveurs la pertinence, la crédibilité et la légitimité des connaissances scientifiques**. La science traite trop souvent de problèmes pratiques avec des approches fragmentaires ou disciplinaires alors que des approches systémiques considérant simultanément les dimensions biologiques, économiques et sociales seraient nécessaires (MEINKE *et al.*, 2009). L'évaluation par les conseillers agricoles et les

éleveurs doit donc permettre de rapprocher la science de la pratique. Deuxièmement, **en observant les conseillers agricoles et les éleveurs jouer, les chercheurs améliorent leur compréhension de l'organisation des systèmes fourragers et de l'adaptation de ces systèmes à des changements** de contexte de production. Ces informations sont particulièrement intéressantes dans la mesure où la gestion des fermes est peu considérée par la recherche agronomique, et en particulier la communauté des agronomes modélisateurs qui la voient comme une boîte noire inaccessible. Observer les conseillers agricoles et les éleveurs utilisant le rami fourrager, discutant et justifiant leurs choix permet donc d'accéder à cette boîte noire. La répétition du jeu avec différents joueurs pourrait conduire à des enseignements généraux sur la gestion des fermes.

Le rami fourrager constitue donc une sorte de laboratoire pour conduire des expérimentations par simulation et pour produire des données, par exemple sur la gestion des fermes. La production de données fiables dépend toutefois du degré de correspondance entre le jeu et le monde réel. Pour conduire cette **vérification**, nous avons utilisé le cadre de modélisation et simulation de systèmes fourragers **SEDIVER** (MARTIN *et al.*, 2011b) qui reproduit les interactions entre processus biophysiques et gestionnaires en réponse à des variations de l'environnement (par ex. du climat) dans les fermes d'élevage de bovins allaitants. SEDIVER permet la considération explicite des contraintes rencontrées par les éleveurs dans leur activité, celles inhérentes à la structure de la ferme et celles inhérentes à son fonctionnement. Ainsi, il est possible d'évaluer par simulation la pertinence et la faisabilité d'un système fourrager en particulier.

L'utilisation de SEDIVER a cependant nécessité d'émettre un certain nombre d'hypothèses non formulées par les joueurs sur la gestion des systèmes fourragers conçus. En effet, de tels modèles de simulation, s'ils offrent des capacités d'analyse extrêmement puissantes, requièrent une formalisation de la gestion des systèmes fourragers à un niveau de détail auquel les joueurs et les acteurs du monde agricole en général ne sont pas habitués. Au final, les systèmes fourragers générés avec le rami fourrager pour 2050 et considérés faisables par la feuille de calcul sont également apparus comme faisables avec SEDIVER. Certains indicateurs de performances différaient légèrement. Par exemple, la production annuelle de stocks fourragers est sous-estimée de 15 % au plus avec la feuille de calcul par rapport aux simulations avec SEDIVER. Les éleveurs ont malgré cela considéré que les indicateurs fournis par la feuille de calcul étaient réalistes dans le contexte climatique actuel. Ces éléments suggèrent qu'au cours du jeu, **le risque de ne pas identifier une incohérence dans les systèmes fourragers conçus est limité.**

## Conclusion

Afin d'accompagner les conseillers agricoles et les éleveurs dans la conception de scénarios de systèmes novateurs qui soient plus robustes que les systèmes actuels vis-à-vis des changements de contexte, un jeu de plateau appelé le rami fourrager a été développé. L'exemple d'application présenté dans cet article porte sur la conception du scénario du système fourrager d'une ferme de bovins laitiers adaptée aux changements entre autres climatiques à l'horizon 2050. Toutefois, le rami fourrager est une approche participative de conception de scénarios de systèmes fourragers adaptable à une grande diversité de questions (par ex. autonomie énergétique, protéique), à condition d'adapter les objets intermédiaires mobilisés. Ainsi, des travaux de thèse en cours utilisent le rami fourrager pour concevoir des systèmes fourragers adaptés à une variabilité climatique aigüe.

Pour les chercheurs, nos expériences ont montré que le rami fourrager est un support efficace à une meilleure compréhension de l'organisation des systèmes fourragers et de l'adaptation de ces systèmes à des changements de contexte. Pour les conseillers agricoles et les éleveurs, c'est un support efficace à la réflexion sur les systèmes fourragers. Ces expériences ont fait naître des demandes pour utiliser le rami fourrager sur d'autres élevages ou pour d'autres questions. Aussi, nous travaillons actuellement à la production d'une version du rami fourrager livrable à des conseillers agricoles en vue de l'utiliser avec de petits groupes d'éleveurs.

Accepté pour publication,  
le 30 janvier 2012.

**Remerciements** : Ce travail a été financé d'une part par l'ANR dans le cadre des projets VALIDATE (*Vulnerability Assessment of Livestock and grasslands to climate change and extreme Events*, ANR-07-VULN-011) et O2LA (*Organismes et Organisations Localement Adaptés*, ANR-09-STRA-09) et, d'autre part, par le projet CASDAR PraiCoS. Nous remercions les éleveurs et les conseillers agricoles ayant participé à l'application présentée dans cet article de s'être prêtés au jeu, et de nous avoir ainsi permis d'améliorer considérablement les premières versions du rami fourrager.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRISSEON N., GARY C., JUSTES E., ROCHE R., MARY B., RIPOCHE D., ZIMMER D., SIERRA J., BERTUZZI P., BURGER P., BUSSIÈRE F., CABIDOCHÉ Y.M., CELLIER P., DEBAEKE P., GAUDILLÈRE J.P., HENAULT C., MARAUX F., SEGUIN B., SINOQUET H. (2003) : "An overview of the crop model STICS", *Eur. J. Agr.*, 18, 309-332.
- CROS M.J., DURU M., GARCIA F., MARTIN-CLOUAIRE R. (2004) : "Simulating management strategies: the rotational grazing example", *Agr. Syst.*, 80, 23-42.
- DARNHOFER I., BELLON S., DEDIEU B., MILESTAD R. (2010) : "Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review", *Agron. Sustain. Dev.*, 30, 545-555.
- DÉQUÉ M., DREVETON C., BRAUN A., CARIOLLE D. (1994) : "The ARPEGE-IFS atmosphere model: a contribution to the French community climate modelling", *Climate Dynamics*, 10, 249-266.
- DURU M., THEAU J.P., CRUZ P., JOUANY C., THEROND O., AL HAJ KHALED R., ANSQUER P. (2007) : "Typologies de prairies riches en espèces en vue d'évaluer leur valeur d'usage : bases agro-écologiques et exemples d'application", *Fourrages*, 192, 453-475.

- DURU M., ADAM M., CRUZ P., MARTIN G., ANSQUER P., DUCOURTIEUX C., JOUANY C., THEAU J.-P., VIEGAS J. (2009) : "Modelling above-ground herbage mass for a wide range of grassland community types", *Ecol. Modell.*, 220, 209-225.
- DURU M., CRUZ P., MARTIN G., THEAU J.P., JOUANY C., BERTONI G., CHARRON M.H., ZEROUROU A. (2010) : "Herb'sim : un modèle de croissance et de qualité de l'herbe fonctionnant sous tableur", *Fourrages*, 201, 37-46.
- DURU M., FELTEN B., THEAU J.P., MARTIN G. (2011A) : "Designing and evaluating supports for enhancing learning about adaptation of grassland-based livestock systems to climate change", soumis à *Regional Environmental Change*.
- DURU M., THEAU J.P., HOSSARD L., MARTIN G., CRUZ P. (2011B) : "Diversité de la composition fonctionnelle de la végétation au sein d'une prairie et entre prairies : caractérisation et analyse dans des élevages herbagers", *Fourrages*, 205, 61-73.
- FELTEN B., MARTIN G., THEAU J.P., O. MAGNE M.A., THÉNARD V., DURU M. (2010) : "Which farming systems to adapt to climate change? (1) Building of socioeconomic and agronomic scenarios and definition of farm types", *Actes du Congrès ACCAE*, 20-22 Octobre 2010, Clermont-Ferrand, p. 34. <https://www1.clermont.inra.fr/urep/accae/communications.php>
- INRA (2007) : *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeur des aliments. Tables INRA 2007*, Quae Editions, Paris, France.
- IPCC (2007) : *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United-Kingdom, 976 p.
- MARTIN G., THEAU J.P., THEROND O., CARRE J., CRUZ P., JOUANY C., MAGNE M.A., DURU M. (2010) : "Bases et premier exemple d'application d'une démarche articulant diagnostic et simulation de systèmes fourragers pour évaluer et améliorer l'efficacité d'utilisation de l'herbe", *Fourrages*, 201, 47-56.
- MARTIN G., FELTEN B., DURU M. (2011A) : "Forage rummy: A game to support the participatory design of adapted livestock systems", *Environ. Modell. Softw.*, sous presse, doi: 10.1016/j.envsoft.2011.08.013.
- MARTIN G., MARTIN-CLOUAIRE R., RELIER J.P., DURU M. (2011B) : "A simulation framework for the design of grassland-based beef-cattle farms", *Environ. Modell. Softw.*, 2, 20-39.
- MARTIN G., THEAU J.P., THEROND O., MAGNE M.A., MARTIN-CLOUAIRE R., DURU M. (2011c) : "Diagnosis and Simulation: a suitable combination to support farming systems design", *Crop Pasture Sci.*, 62, 328-336.
- MATTHEWS K.B., RIVINGTON M., BLACKSTOCK K., MCCRUM G., BUCHAN K., MILLER D.G. (2011) : "Raising the bar? - The challenges of evaluating the outcomes of environmental modelling and software", *Environ. Modell. Softw.*, 26, 247-257.
- MEINKE H., HOWDEN S.M., STRUIK P.C., NELSON R., RODRIGUEZ D., CHAPMAN S.C. (2009) : "Adaptation science for agricultural and natural resource management - Urgency and theoretical basis", *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 1, 69-76.
- OLIOSO A., HUARD F., GUILIONI L. (2010) : "Prise en compte des effets du CO<sub>2</sub> sur le calcul de l'évapotranspiration de référence", *Actes du Colloque Climator (Présentation des méthodes et des résultats du projet CLIMATOR)*, 17-18 Juin 2010, Versailles, p. 66-67. <http://www.inra.fr/content/download/24645/326414/version/2/file/Actescolloqueclimator.pdf>
- SHEATH G.W., CLARK D.A. (1996) : "Management of grazing systems temperate pastures", J. Hodgson, A.W. Illius (eds.), *The ecology and management of grazing systems*, CAB International: Wallingford, UK, pp. 301-324.
- VOINOV A., BOUSQUET F. (2010) : "Modelling with stakeholders", *Environ. Modell. Softw.*, 25, 1268-1281.



Association Française pour la Production Fourragère

---

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33 01 30 21 99 59 – Fax : +33 01 30 83 34 49 – Mail : [afpf.versailles@gmail.com](mailto:afpf.versailles@gmail.com)

Association Française pour la Production Fourragère