

Développement d'un logiciel d'aide à la prévision d'évolutions de systèmes fourragers dans les exploitations d'élevage bovin laitier : PASSYFOU

J. GAY (1), C. POIX (2), G. BRUNSCHWIG (1), J-L. REUILLON (3)

(1) Unité Elevage et Production des Ruminants (soutenue par l'INRA), ENITAC, Marmilhat, 63370 Lempdes

(2) Unité Systèmes Herbagers en Moyenne Montagne, ENITAC, Marmilhat, 63370 Lempdes

(3) Institut de l'Elevage, 12 avenue. Marx Dormoy – BP 455, 63012 Clermont-Ferrand

RESUME - Le logiciel PASSYFOU (Prévision ASsistée de SYstèmes FOUrragers), est destiné à faciliter l'étude de projets d'évolution de systèmes fourragers. Basé sur l'adéquation animaux / surfaces, il favorise la discussion entre un exploitant et un conseiller. Le travail d'analyse nous a conduit à retenir comme objets de l'application : le parcellaire, le troupeau avec paramétrage des mouvements mensuels, répartition des vêlages et production laitière, la conduite du pâturage, la récolte et la distribution des fourrages. La programmation a été réalisée avec le langage JAVA.

PASSYFOU permet de décrire et d'apprécier le fonctionnement technique d'un système fourrager. Il s'appuie sur le calcul d'indicateurs qui présentent l'état de l'exploitation en regard des choix effectués. Il permet également d'envisager diverses évolutions et d'en percevoir les conséquences. Sa conception repose sur les méthodes et références élaborées par les Réseaux d'Elevage (fourrages et découpage de l'année en périodes homogènes). L'aspect novateur du logiciel est son interface graphique symbolisant le parcellaire, ses contraintes et son utilisation.

Development of a software for assisted forecasting of forage system evolutions in dairy cattle livestock farms : PASSYFOU

J. GAY (1), C. POIX (2), G. BRUNSCHWIG (1), J-L. REUILLON (3)

(1) Unité Elevage et Production des Ruminants (soutenue par l'INRA), ENITAC, Marmilhat, 63370 Lempdes

SUMMARY – The software named PASSYFOU is dedicated to the studies of forage system evolutions. Based on herds / areas balance, it favours dialog between breeders and advisors. Analysis phase leads us to identify as objects : the field pattern, the herd with monthly changes, calving distribution and milk production, the grazing management, the harvest and forage feeding. Development was achieved by using of JAVA programming language.

PASSYFOU enabled description and assessment of forage system technical functioning. It is based on indicators calculation that set out farm condition related to the choices selected. It also enabled to study a diversity of evolutions and to perceive their outcomes. Its conception is based on methods and reference data performed by a network of reference farms (forages, division of the year in homogeneous periods). The innovative aspect of this software is its graphical interface symbolising field pattern, its constraints and its uses.

INTRODUCTION

La réalisation de ce logiciel s'inscrit dans la mise en œuvre de projets d'évolution de systèmes fourragers dans le cadre des évolutions de cahiers des charges d'A.O.C. (Appellation d'Origine Contrôlée) en exploitations laitières du Massif Central. Un outil informatique utilisable sur le terrain s'avère être nécessaire pour apporter en exploitation une aide rapide et efficace aux éleveurs et aux conseillers techniques désireux d'étudier la faisabilité de se conformer aux nouvelles mesures. Il existe déjà quelques outils informatiques, pour la gestion du pâturage – SEPATOU (Cros *et al.*, 2000), Pâtur'IN (Delaby *et al.*, 2000) – et pour la simulation du fonctionnement de troupeau (Courmut, 2001), qui ne sont toutefois pas adaptés à la prise en compte du système fourrager dans son ensemble. C'est précisément sur cette vision que notre logiciel d'aide à la discussion a été développé. Il n'a pas été conçu comme un *Système expert* ou un programme d'optimisation (pas de recherche automatique de la meilleure solution). PASSYFOU (Prévision ASsistée de SYstèmes FOUrragers), devrait améliorer le travail des conseillers agricoles et des éleveurs en leur permettant de tester divers scénarios d'évolution de leur système fourrager en essayant de conserver l'équilibre "besoins alimentaires du cheptel / ressources fourragères de l'exploitation".

PASSYFOU permet de décrire un cas réel et d'apprécier par itération les conséquences d'éventuelles évolutions. Ce logiciel ne propose en revanche aucun ajustement ou optimisation automatique. PASSYFOU est librement accessible sur le site : <http://www.enitac.fr/passyfou/>.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. CONTEXTE

L'*Etude de faisabilité de la suppression des fourrages fermentés* a débuté à l'automne 1999. Elle est pilotée par le Pôle Fromager A.O.C. Massif central. La conception et le développement du logiciel constitue une phase de cette étude.

En collaboration avec des experts (Réseaux d'élevage Auvergne et Lozère) et des utilisateurs potentiels, nous avons défini une spécification précise des besoins en nous limitant toutefois aux aspects techniques du système fourrager. Nous n'avons donc pas abordé l'aspect économique, la prise en compte des concentrés, etc., qui pourrions faire l'objet de modules complémentaires.

Le logiciel repose sur une méthode d'étude du système de production (Lebrun, 1991), testée et validée dans les réseaux *Éleveurs de Bovins Demain puis dans les Réseaux d'élevage*. Cette démarche consiste en l'application ordonnée de 8 étapes qui vont de la connaissance de l'espace agricole jusqu'à l'étude de la phase de transition du projet d'évolution. PASSYFOU permet de suivre cette approche en mettant en œuvre certaines de ces étapes. Les données « par défaut » sont issues du *référentiel fourrager* (Réseaux d'élevage Auvergne et Lozère, 2001) élaboré à partir des résultats issus d'exploitations suivies par les réseaux ; ces références propres à des zones fourragères homogènes du Massif central ne sont pas transposables en l'état à d'autres zones. La gestion graphique du parcellaire s'appuie sur une symbolique simplifiée des contraintes, des potentiels et usages des parcelles (Malpel, 2001).

1.2. CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT

Nous avons suivi une méthodologie classiquement utilisée en génie logiciel. Dans un premier temps, nous avons mené une étude approfondie des besoins des utilisateurs sans présumer des contraintes techniques inhérentes au développement. Dans un deuxième temps, des réalisations successives de maquettes ont permis de valider les choix effectués. Ensuite, le travail de développement a abouti à un prototype intégrant toutes les fonctionnalités prévues, et suffisamment stable pour donner lieu à une phase de test en situation. Enfin, les critiques constructives émises lors des tests nous ont permis de produire

une version finale répondant à des critères de qualité du point de vue de l'utilisation et des développements futurs.

Durant la phase de conception détaillée (Gay, 2001), nous avons utilisé le langage standardisé U.M.L., (*Unified Modeling Language*) (Booch *et al.*, 1996), qui permet d'analyser sous forme d'un ensemble de diagrammes utilisant les concepts orientés objet, les différentes phases de l'élaboration de l'application. À l'aide de ces outils de représentation, utilisables à différents niveaux de détails, nous avons réalisé l'ensemble des documents adaptés à la réalisation informatique et au suivi des développements futurs.

Le développement de PASSYFOU a été réalisé à l'aide du langage de programmation orienté objets JAVA (Horstmann *et al.*, 1999). C'est un langage indépendant de la plate-forme de développement, ce qui signifie que PASSYFOU fonctionne sur divers systèmes informatiques (Microsoft, Apple, Linux, etc.) sans qu'aucune adaptation ne soit nécessaire. De plus, JAVA laisse une ouverture possible vers l'Internet, ce qui permettrait notamment de travailler en connexion avec une base de références à jour. Le travail de programmation comporte deux grands volets, qui correspondent d'une part, à l'implémentation du *modèle objets* du système fourrager et d'autre part, à l'écriture de l'interface utilisateur (cette interface gère le clavier, la souris et l'ensemble des affichages). Le développement a abouti à plus de 30 000 lignes de code, réparties dans 70 fichiers. Le programme est prévu pour fonctionner sur un ordinateur (portable ou non) disposant d'au moins 32 Mo de mémoire et une résolution d'écran de 1024x768.

1.3. FONCTIONNALITÉS

Grâce aux données de référence des réseaux d'élevage qui fournissent des informations sur les fourrages et le découpage de périodes fourragères, adaptés à la zone dans laquelle est réalisé le projet, PASSYFOU propose par défaut plusieurs périodes modulables représentant l'année entière. L'utilisateur peut les modifier, les supprimer ou en créer de nouvelles.

L'interface graphique de la gestion des surfaces (figure 1) permet d'ajuster les surfaces à récolter vis-à-vis des surfaces à pâturer en fonction de la période : on peut alors découper les parcelles que l'on a créées pour répondre le plus précisément possible aux besoins de la gestion de la pâture et ainsi agrandir par exemple la surface pâturée en fin d'année.

Il est possible d'ajuster par itérations les modifications apportées au projet afin de maintenir un équilibre viable. Pour le vérifier, le logiciel propose des bilans en ligne automatiquement mis à jour : le bilan annuel fourrager et le bilan du pâturage par période. Ces bilans présentent respectivement les besoins/ressources en fourrages et le pâturage effectuée par chaque lot vis-à-vis des objectifs de référence de surface à pâturer (fournis par défaut dans le référentiel fourrager).

Il est possible de déterminer quelles contraintes sont présentes sur la parcelle (accès, pente, etc.). L'inventaire effectué pour chaque parcelle permet ensuite d'agir en limite d'usage lorsqu'il s'agit de positionner un lot d'animaux (ou un fourrage à récolter) sur une parcelle.

Nous préconisons d'utiliser le logiciel en deux temps : il convient d'abord de décrire l'exploitation réelle avec son système fourrager. Cette description sert de base à la deuxième phase qui consiste à tester différents scénarios d'évolution du système fourrager. Lors de la première phase, l'utilisateur doit choisir un découpage de l'année en périodes homogènes (Orlianges, 2001 ; Moulin, 2002), il doit définir des fourrages à récolter et tracer le parcellaire. Ces réglages sont suivis par une description la plus fidèle possible des choix de l'éleveur sur la conduite de son troupeau, la constitution de lots d'animaux, la gestion des pâtures, la gestion des récoltes de fourrages et l'alimentation sur stock du cheptel.

Lors de la deuxième phase, il s'agit de tester les influences que les évolutions vont avoir sur le système fourrager. Cette deuxième étape va mettre en évidence de nouvelles contraintes inhérentes à l'exploitation. Chaque changement (effectif du cheptel, variation de la SAU, répartition et nombre de vêlages, etc.) va automatiquement induire un déséquilibre dans le

système. Les indicateurs qui orientent le projet et dirigent la prise de décision doivent toujours être contrôlés ; les bilans doivent être équilibrés. Pour cela, l'utilisateur dispose d'informations au niveau du troupeau : calcul du total des UGB présents dans l'exploitation, calcul du chargement moyen en UGB/ha de SFP, calcul du chargement instantané en ha/UGB ; d'informations au niveau du parcellaire : calcul de la SFP totale, calcul de la surface par îlot, bilan du pâturage par période, bilan annuel fourrager ; d'informations au niveau de l'alimentation : consommation périodique et annuelle pour chaque fourrage, confrontée aux ressources annuelles pour ce fourrage.

Dans cette seconde phase, la production laitière ou la consommation fourragère attendues découleront directement du nombre d'animaux présents et des niveaux individuels fixés ; aucun ajustement des performances ou des besoins n'est directement calculé par le logiciel.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Cette démarche et ces principes de conception semblent pertinents pour modéliser le système fourrager d'une exploitation dans la mesure où ils ont abouti à un logiciel répondant aux attentes du terrain.

PASSYFOU permet de saisir graphiquement le parcellaire d'une exploitation, de décrire le fonctionnement du troupeau et le découpage de l'année en périodes, d'attribuer des surfaces fourragères à chaque lot d'animaux, de constituer les stocks fourragers et de les distribuer. Il permet une compréhension plus rapide du système fourrager en proposant de ranger et traiter judicieusement toutes les données techniques de l'exploitation.

PASSYFOU est utilisable à deux niveaux, pour une approche détaillée ou simplifiée. Plusieurs fonctions du logiciel peuvent en effet être exploitées de manière approfondie (parcellaire avec identification de chaque parcelle, gestion du troupeau avec paramétrage des mouvements mensuels, répartition des vêlages et de la production laitière) ou plus rapide (parcellaire décrit par îlots ou blocs de parcelles, effectifs moyen annuel par catégorie de bovins, vêlages et production laitière étalés sur l'année). Dans ce second cas, la collecte d'informations en exploitation et leur traitement sont nettement allégés.

PASSYFOU présente une interface graphique originale pour décrire le parcellaire et ses contraintes, et pour gérer l'utilisation des différentes surfaces (figure 1). Le contrôle de l'évolution fourragère testée s'appuie sur les bilans constamment mis à jour et facilement consultables.

Les atouts de ce logiciel (gestion graphique du parcellaire, découpage de l'année en périodes homogènes, gestion mensuelle du troupeau, gestion de la pâture et des fauches, gestion de l'alimentation distribuée, mise à jour instantanée du bilan du pâturage par période et du bilan annuel fourrager, possibilité d'administrer ses propres données de référence) le placent comme un programme novateur dans le milieu de l'élevage bovin laitier car il permet de prendre en compte l'ensemble du système fourrager. Moyennant un temps d'adaptation aux nombreux écrans, l'équilibre entre interface graphique et utilisation partagée du clavier et de la souris permettent une grande souplesse et une rapidité d'utilisation : moins de deux heures pour la saisie d'une exploitation et moins d'une heure pour travailler sur un projet d'évolution fourragère. Ce temps dépendra naturellement de la taille de l'exploitation étudiée et en particulier du nombre de parcelles décrites.

Les logiciels SEPATOU (Cros *et al.*, 2000), Pâtur'IN (Delaby *et al.*, 2000), ou d'autres outils de simulation (Cournut, 2001), chacun dans leur domaine (organisation ou simulation de pâturage, fonctionnement d'un troupeau d'ovin viande), intègrent une modélisation de phénomènes biologiques et participent à l'élaboration de solutions techniques ciblées sur une tâche pré-

cise. PASSYFOU, en s'appuyant sur l'hypothèse d'un fonctionnement en vitesse de croisière, se place dans un contexte de recherche d'un équilibre à long terme. PASSYFOU fournit finalement une solution d'aide stratégique alors que ces simulateurs viennent plutôt appuyer des décisions tactiques, voire opérationnelles.

CONCLUSION

Parmi les perspectives qui viseraient à améliorer ou à étendre le domaine d'application actuel, on peut imaginer différents modules exploitant les sorties techniques de PASSYFOU. Celui-ci pourrait être doté de nouvelles fonctionnalités telles que : calculs économiques, liaisons avec le référentiel animal, gestion de la constitution des rations et notamment des concentrés. Un module d'analyse de sensibilité peut également être envisagé pour apprécier la robustesse d'une solution technique face aux aléas courants (variations des rendements et de la qualité des fourrages dues aux événements météorologiques, pullulations de campagnols, etc.). Il est en effet courant de s'intéresser à l'équilibre moyen d'un système fourrager, alors que peu de travaux portent sur la préservation effective de cet équilibre dans le contexte fluctuant des systèmes d'élevage de montagne.

Nous remercions le Pôle Fromager A.O.C. Massif central et les membres du Réseau d'élevage Auvergne et Lozère pour leur appui, ainsi que ONILAIT, le Syndicat du fromage de Saint-Nectaire et le Conseil Général du Cantal pour leur soutien financier.

Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I., 1996. Unified Modelling Language. Rational Software Corporation. Addison Wesley, Boston, USA, 550p.

Cros MJ., Duru M., Garcia F., Grasset M., Legall A., Martin-Clouaire R., Peyre D., Delaby L., Fiorelli JL., Peyraud JL., 2000. Renc. Rech. Ruminants, 7, 333-336

Cournut S., 2001. Le fonctionnement des systèmes biologiques pilotés : simulation à événements discrets d'un troupeau ovin conduit en trois agnelages en deux ans. Thèse Université Claude Bernard - Lyon I, ENITAC, INRA SAD-URH, Clermont-Ferrand, 418 p. + annexes

Delaby L., Peyraud JL., Faverdin Ph., 2000. Renc. Rech. Ruminants, 7, 329-332

Gay J., 2001. Conception d'un logiciel de simulation d'évolution de systèmes fourragers en exploitation laitière. Mémoire de fin d'étude ISIMA, ENITAC, Clermont-Ferrand, 104p.

Horstmann C.S, Cornell G., 1999. Au cœur de Java 2, volume I - notions fondamentales. CampusPress, Paris, 755p.

Lebrun V., 1991. Une méthode d'étude du système d'exploitation agricole. Institut de l'Elevage, Paris, 63p.

Malpel L., 2001. Les contraintes relatives du parcellaire dans le fonctionnement des systèmes fourragers d'exploitations laitières du Massif Central : propositions de représentation et d'analyse. Mémoire de fin d'étude, ENITAC, Clermont-Ferrand, 77p.

Moulin C., 2002. Une méthode pour comprendre les pratiques d'alimentation des herbivores domestiques : analyse du fonctionnement des systèmes d'alimentation par enquêtes en élevages ; guide méthodologique. Institut de l'Elevage, Paris, 99p.

Orlianges M., 2001. Analyse du fonctionnement de systèmes d'alimentation sur parcours dans le Sud Massif Central méditerranéen sous influence méditerranéenne. Mémoire de fin d'étude ENITAC, Institut de l'Elevage, Montpellier, p. 7-12

Réseaux d'élevage Auvergne et Lozère, 2001. Référentiel Fourrage - Bien gérer l'herbe avec des bovins. Chambres d'Agriculture - EDE - ENITAC - Institut de l'Elevage, Clermont-Ferrand, 32p.

Réseaux d'élevage Auvergne et Lozère, 2001. Référentiel Fourrage - Caractérisation des zones et des systèmes fourragers. Chambres d'Agriculture - EDE - ENITAC - Institut de l'Elevage, Clermont-Ferrand, 4p.

Figure 1
Une interface graphique pour décrire le parcellaire et ses contraintes et gérer l'utilisation des différentes surfaces

Fenêtre de gestion de l'utilisation des parcelles pour la période 2

Fenêtre précisant les caractéristiques de la parcelle pointée

The screenshot displays the 'Gestion des Surfaces' software interface. The main window shows a map of parcels with a context menu open over 'la verone'. The menu options include 'Séparer', 'Réunir', 'Pâturer', 'Recolte', and 'Aestive'. A tooltip shows '23 bête(s), 20.7 UGB'. Other parcels shown include 'la verone haut', 'la verone bas', 'les chabanes deux', 'les chabanes un', 'fouilloux', 'cote de fouilloux', 'la champ', and 'la bois de christ'. A distance tooltip shows 'Distance: 2.0 km, Tracteur: 8 min, Animaux: 2 min'. Below the map is a table of resources and needs.

Foin déprimé séché en grange	Foin non déprimé séché en grange	regain	TOTAL des ressources	VL	GL-15mo	GL-15mo	VT
SI=0.0 TMS	SI=0.0 TMS	SI=0.0 TMS	* 150934 UFL *	28 ans	6 ans	8 ans	2 ans
REC=66.5 TMS (19.0...)	REC=52.8 TMS (8.8 ...)	REC=59.28 TMS (22.8...)	TOTAL des besoins=183	28.0 ugb	4.0 ugb	6.4 ugb	2.0 ugb
ACH=0.0 TMS	ACH=0.0 TMS	ACH=0.0 TMS	* 124619 UFL *	75 ares/UGB	75 ares/UGB	75 ares/UGB	75 ares/UGB
VEN=0.0 TMS	VEN=0.0 TMS	VEN=0.0 TMS	SOLDE TOTAL = 66.53 TMS	Objectif calc. : 21.0 ha	Objectif calc. : 3.0 ha	Objectif calc. : 4.8 ha	Objectif c...
RESSOURCE=66.5 T...	RESSOURCE=52.8 T...	RESSOURCE=59.28 T...	* 255553 UFL *	Pâture réalisée : 4.7 ha	Pâture réalisée : 3.0 ha	Pâture réalisée : 6.0 ha	Pâture ré...
* 46110 UFL *	* 36960 UFL *	* 47424 UFL *		MANQUE : 16.3 ha		TROP ALLOUE : 1.2 ha	MANQUE :
BESOINS=66.53 TMS	BESOINS=46.47 TMS	BESOINS=56.85 TMS					
* 46512 UFL *	* 32528 UFL *	* 45479 UFL *					
SOLDE=-0.087 TMS	SOLDE=5.333 TMS	SOLDE=-2.43 TMS					
* -50.0 UFL *	* 4433.0 UFL *	* 1944.0 UFL *					
Ecart SOLDE/SI : 10...	Ecart SOLDE/SI : 10...	Ecart SOLDE/SI : 100 %					

Fenêtre affichant le bilan fourrager annuel

Fenêtre affichant le bilan de pâturage pour la période considérée