



**HAL**  
open science

# Gestion de production en systèmes d'élevage utilisateurs d'herbe : une approche par atelier

François Coléno, Michel M. Duru

## ► To cite this version:

François Coléno, Michel M. Duru. Gestion de production en systèmes d'élevage utilisateurs d'herbe : une approche par atelier. Gestion des exploitations et des ressources rurales : Entreprendre, négocier, évaluer, 31, INRA, 437 p., 1998, Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, 2-7380-0843-7. hal-02842509

**HAL Id: hal-02842509**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02842509v1>**

Submitted on 7 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.

# Gestion de production en systèmes d'élevage utilisateurs d'herbe : une approche par atelier

François Christophe COLENO\*  
Michel Duru

\*INRA, SAD, Station d'Agronomie, BP 27, F-31326 Castanet-Tolosan  
Tél. : (+33) 05.61.28.52.36 - Fax : (+33) 05.61.73.55.37 - E-mail : coleno@sig.toulouse.inra.fr

## Résumé

La diversité des systèmes d'élevage basés sur l'utilisation de l'herbe induit une diversité de formes d'adaptation de ces systèmes aux mesures et réglementations portant sur les produits ou le territoire. Ces différences tiennent autant aux caractéristiques du matériel biologique qu'aux spécificités des moyens de production. Pour aider les éleveurs à transformer un projet de production en programme d'action, c'est donc un ensemble de contraintes liées à ces caractéristiques qu'il faut prendre en compte. Nous proposons ici des cadres de représentation permettant de rendre compte et d'analyser le fonctionnement de ces systèmes. Il s'agit d'une procédure en deux temps : tout d'abord une représentation du système de production comme un assemblage d'ateliers définis sur la base des tâches et des activités nécessaires à l'atteinte d'un objectif ; ensuite, une analyse des systèmes fourragers fondée sur les logiques de conduite de pâturage en relation avec la production zootechnique attendue, et sur le niveau de contraintes qui en découle (surface disponible pour réaliser les stocks, diversité et aptitude des surfaces pâturées, main d'œuvre...). Nous montrons que pour les systèmes les plus intensifs, la coordination et le dimensionnement d'ateliers passe par la définition de cibles à atteindre (états de l'herbe et du troupeau), alors que pour les plus extensifs, il s'agit plutôt de seuils à ne pas dépasser. Cette approche permet d'une part de situer le (ou les) niveau(x) de décision concerné par un changement d'objectif ou de moyens, d'autre part de s'appuyer sur des modèles de fonctionnement des objets gérés (les prairies, le troupeau), de façon à imaginer à l'avance l'effet de plusieurs scénarios. Deux exemples étayent notre proposition sur les questions de dimensionnement, de coordination et de conduite d'ateliers : l'un concerne des systèmes laitiers intensifs de plaine utilisant du maïs ensilage, l'autre des élevages allaitants de montagne avec fortes contraintes pour la constitution des stocks.

**Mots-clés** : système d'élevage, gestion, planification, pâturage, alimentation, chargement

## Abstract

**Management of livestock units in systems based on grazing.** *The wide diversity of livestock systems based on grassland use is matched by a similar diversity in the way these systems adapt to economic regulations and constraints on land use (subsidies) or products (quota). These differences result from the specificities of both the biological material and the means of production. To assist farmers in changing their project into an action plan, we need to consider the constraints linked to these specificities. We propose a framework to represent and analyse the way these systems operate. In this two-stage approach, the production system is represented as a combination of several enterprises; these are defined in relation to tasks and activities required to reach a given objective. The forage systems are then analysed from the angle of the coherence between grazing management and expected livestock outputs and the associated levels of constraints (available area to produce forage, diversity and potential of grazed areas, workforce...). We show that in the most intensive systems, coordination and size of enterprises are founded on the definition of targets to be reached (grass and herd state), whereas in the most extensive ones the concern is more with thresholds that must not be overstepped. This approach enables us on the one hand to highlight the level(s) of decision affected by a shift in objectives or means and on the other hand to use models of functioning of managed « objects » such as grasslands and herds in order to predict the consequences of different scenarios. Two examples illustrate the issues of size, coordination and management of on-farm enterprises: one concerns intensive lowland dairy systems relying on silage maize, the other mountain suckler systems subject to high constraints in securing forage reserves.*

**Keywords**: livestock farm, management, grazing, feeding, stocking rate

## Introduction

Les systèmes d'élevage de ruminants utilisateurs d'herbe sont confrontés à des défis pour partie différents selon leur orientation : réduire la pollution pour les plus intensifs, maintenir des paysages ouverts pour les plus extensifs. Les pratiques qui confèrent au produit une bonne image de marque sont de plus en plus recherchées. Ces évolutions sont encouragées par des mesures et des réglementations plus ou moins strictes portant sur les produits (quota, prix..) ou le territoire (prime à l'herbe...), dont la durée et le contenu ne sont pas toujours bien connus à l'échelle de quelques années. En outre, à ces contraintes s'ajoute souvent la nécessité de réduire les coûts de production et de simplifier l'organisation du travail pour conserver des systèmes "viables et vivables" car les prix des produits à la vente n'augmentent pas.

Ce changement de contexte est susceptible de conduire à des réorganisations des modes d'alimentation et d'utilisation de l'espace. Dans tous les cas, le pâturage est concerné car ce mode d'exploitation de l'herbe se prête le plus à l'extensification. Il est le moins coûteux, et moyennant certaines précautions, les risques de pollution sont plus faibles que pour les cultures annuelles à production de stock. Enfin, il apparaît comme plus naturel au consommateur, ce qui est important car l'image du système de production devient une composante de la qualité pour le consommateur. Toutefois, la faisabilité et le réalisme d'une augmentation de la contribution du pâturage à l'alimentation pour différents types de systèmes d'élevage est subordonnée à la possibilité de concevoir des itinéraires techniques et des plans de production (en particulier calendrier alimentaire et assolement fourrager) satisfaisant à deux conditions. D'une part ces plans doivent être cohérents avec les objectifs de production et les caractéristiques du matériel biologique, d'autre part ils doivent être compatibles avec les spécificités des moyens de production des élevages (force de travail, structure du parcelaire...) qui peuvent constituer des

atouts mais aussi des obstacles à l'élaboration de plans. Ce sont donc ces trois caractéristiques qui doivent être prises en compte pour construire ces plans.

L'objectif est ici de proposer des cadres de représentation permettant de rendre compte et d'analyser le fonctionnement des systèmes fourragers. Les systèmes fourragers sont définis comme l'ensemble des moyens et des règles de décisions que l'agriculteur mobilise pour ajuster les flux de production et de consommation de fourrage en vue d'atteindre un objectif de production (Duru *et al.*, 1988a). Les cadres proposés visent à faciliter le diagnostic des techniciens et conseillers d'élevages en ciblant les niveaux et l'ampleur des réorganisations souhaitables et/ou possibles.

La complexité des systèmes fourragers en termes d'interrelations entre la conduite des surfaces fourragères et des troupeaux, que ce soit à des pas de temps courts ou longs, rend difficile la réalisation de diagnostics à partir d'une analyse des pratiques centrée sur les seuls processus de pilotage. Il est en effet difficile de séparer les choix qui résultent de modalités d'adaptation à des contraintes spécifiques aux élevages, de ceux qui sont contraints par les caractéristiques du matériel biologique géré et des performances attendues. Pour cette même raison, il est en outre très difficile d'imaginer à l'avance l'impact d'innovations. La mobilisation des référentiels agronomiques portant sur les parcelles et les animaux est, elle aussi, insuffisante pour l'aide à l'adaptation des systèmes de production. En effet, elle ne permet pas à elle seule de tenir compte du fait que les connaissances pour allouer les ressources sont imparfaites (Parker *et al.*, 1994) : (i) l'information sur les états des parcelles est imprécise (Chatelin *et al.*, 1993), (ii) les décisions doivent, entre autres, pallier le risque climatique (Duru et Colombani, 1992), (iii) l'environnement économique est incertain (Sebillotte et Soler, 1990).

Pour imaginer des adaptations des systèmes de production compatibles avec les caractéristiques des objets gérés et rendre possible un couplage avec les

modèles agronomiques, nous nous appuyerons sur les recherches en gestion de production dans l'industrie. Ces recherches proposent des procédures pour se représenter les décisions de différents niveaux dans un même cadre et spécifier les liens entre les décisions portant sur des objets ou domaines d'interventions différents (parcelles, troupeaux pour notre objet d'étude). C'est une condition pour situer le ou les ensembles d'éléments susceptibles d'être concernés pour adapter les systèmes de production. Nous abordons ce point du vue en première partie.

Cependant, la diversité des systèmes en termes de combinatoires possibles entre conduites des surfaces fourragères et des troupeaux dans le cas présent, est beaucoup plus importante que dans l'industrie, notamment du fait de la diversité des structures de production (parcellaire...), ce qui empêche une transposition pure et simple des approches. Cette raison, à laquelle s'ajoute le fait que les caractéristiques recherchées du matériel biologique géré ne soient pas toujours connues avec précision, nous conduira dans une deuxième partie, à définir les contraintes de production résultant des caractéristiques des systèmes biophysiques. A cet effet, nous nous appuyerons sur les récents acquis dans le champ des disciplines techniques, tout particulièrement pour ce qui concerne le pâturage, en mobilisant des modèles intégrés du fonctionnement du couvert végétal, mettant en relation des pratiques agricoles avec un ensemble de propriétés de ce couvert.

En dernière partie, nous montrerons comment les représentations sur les *process* de décisions et les modèles biophysiques permettent de traiter de manière nouvelle des modalités d'adaptation des systèmes de production. Ces propositions seront rapidement illustrées pour deux types de systèmes fourragers.

## 1. Gestion de production dans les systèmes d'élevage

L'alimentation des troupeaux nécessite de définir à l'avance les assolements fourragers et les calendriers d'utilisation des parcelles et d'alimentation. L'incertitude réside à court terme dans l'aléa climatique qui joue sur la production de fourrages, mais aussi sur leur utilisation, notamment par le pâturage. A plus long terme, les réglementations sont susceptibles d'influer sur les niveaux et périodes de mises en marché, de même que sur les techniques de production. De ce fait, l'évaluation des possibilités de révision de la place du pâturage, nécessite de prendre en compte deux aspects dans les décisions d'organisation. L'un concerne la *planification* de la production d'aliments, l'autre les enchaînements entre modes d'alimentation au cours de la campagne (ou entre campagnes), ce qu'on nommera *pilotage du calendrier alimentaire*.

Les problèmes de planification et de pilotage de l'entreprise ont été largement abordés, tant dans le domaine agricole qu'industriel. Dans l'industrie, les recherches concernent les problèmes de coordinations d'ateliers dans l'incertain. Elles portent en particulier sur la planification et le pilotage de la production dans le cadre de productions complexes, c'est-à-dire utilisant des nomenclatures de grande taille. Dans de telles conditions, Hatchuel et Sardas (1992a) ont mis en évidence l'impossibilité de replanifier la production dans son ensemble après son lancement. Ils ont en particulier montré que la gestion des délais doit se faire de manière localisée, en utilisant un pilotage de la production basé sur la notion de planification hiérarchisée, ce qui permet de déléguer le pilotage de la production aux unités de production à travers la gestion des délais (Hatchuel *et al.*, 1997). De tels processus de planification et de pilotage existent aussi dans les exploitations agricoles comme l'ont montré Hémidy *et al.* (1993) dans le cadre du pilotage stratégique ou

Chatelin *et al.* (1993) dans celui de la gestion de production.

Ces recherches sur les systèmes complexes reposent sur l'existence d'un niveau de décision intermédiaire entre la gestion stratégique, qui correspond à la définition des grands objectifs, et la conduite des processus de production, qui se traduit par la mise en œuvre des techniques. Ce niveau de décision, défini comme un atelier dans le monde industriel, est peu formalisé en agriculture. Nous proposons, à partir de recherches conduites dans l'industrie, de le caractériser.

### 1.1. L'atelier à l'interface des savoirs et des tâches

Une tâche élémentaire dans le domaine industriel, telle que définie par Hatchuel et Sardas (1992b) « est une étape ou une opération distincte du *process* de production ». De cette manière, l'analogie avec l'agriculture peut être facilement établie. On peut en effet considérer qu'il s'agit d'une intervention technique telle que le semis, l'épandage ou l'ensilage portant sur un *process* de production particulier comme la culture du maïs à des fins d'ensilage. L'organisation et l'exécution de ces tâches élémentaires dans un *process* de production nécessite alors la mobilisation de savoirs spécifiques. Hatchuel et Weil (1992) proposent de différencier ces savoirs en grands types parmi lesquels nous en avons retenu deux : les savoir-faire et les savoir-comprendre. Les savoir-faire permettent de décider des tâches à effectuer, c'est-à-dire de leur nature, de leur ordre dans le temps et de leurs modalités d'exécution (par exemple dates, intensité et conditions de mise en œuvre). Les savoir-comprendre concernent plus spécifiquement les modes d'organisation qui tiennent compte des caractéristiques du matériel biologique concerné en relation avec l'objectif de production qui lui est assigné.

Il s'agit donc d'organiser dans le temps les interventions techniques en vue de satisfaire un objectif de production fixé en amont de l'atelier. Ces savoir-comprendre englobent l'ensemble des indicateurs techniques et des règles de

décisions pour l'action qui portent sur la conduite des cultures ou de l'alimentation du troupeau. Ainsi dans le cas d'un atelier « pâturage » les savoir-comprendre mobilisés comprennent l'ensemble des indicateurs portant sur l'état des prairies, le plus souvent à l'échelle de la sole (Duru *et al.*, 1988b) et des règles d'action qui vont permettre de déclencher des interventions techniques. Par exemple décider d'un apport d'azote sur un ensemble de parcelles en fonction du stock d'herbe d'avance, ou bien déclencher la mise à l'herbe dès que la hauteur d'herbe atteint une certaine valeur sur des parcelles témoins.

C'est cette conjonction de savoirs et de tâches élémentaires concernant un *process* de production biologique que nous nommons *atelier*. Ainsi spécifié, l'atelier de production, est une réelle entité de gestion, conçue de façon à être gérée au quotidien de manière relativement indépendante des autres, et n'être révisée que si le niveau des contraintes issues des autres ateliers le nécessite.

La proposition de définir des unités de gestion n'est pas nouvelle dans les travaux de recherche agronomique. Que ce soit pour des exploitations de grandes cultures ou d'élevage, elle provient de l'analyse des pratiques des agriculteurs. Ainsi dans un travail sur la conduite du blé, Aubry (1995) met en évidence des types de blés, définis comme des lots de parcelles ayant la même conduite technique, qui forment des unités de gestion pour les différentes opérations techniques à effectuer sur les cultures<sup>1</sup>. Dans des élevages bovins laitier de montagne, Fleury propose de regrouper les parcelles compte tenu des fonctions qui leur sont attribuées pour alimenter les animaux (Fleury *et al.*, 1996). Il s'agit donc de parcelles ayant un même itinéraire technique. En outre des processus de régulation visant à adapter l'alimentation lors des périodes critiques sont identifiés. Pour des élevages pastoraux ovins en zone méditerranéenne, (Hubert *et al.*, 1993) proposent de définir des phases finalisées spécifiques à un ou plusieurs lots d'animaux, sur la base d'un découpage du temps. Cette structuration permet de mettre en

<sup>1</sup> Voir l'article de Aubry *et al.* dans cet ouvrage.

évidence et de distinguer deux types de règles pour l'action, les unes générales dont l'application est inconditionnelle, les autres circonstanciées faisant intervenir des observations sur les composants du système. Cette approche aboutit à la définition de stratégies qui sont une explicitation du projet de production (Girard, 1996). Dans tous les cas, ces études permettent de mettre en évidence un faisceau de règles de décision qui rend compte des logiques d'alimentation et des modalités d'utilisation de l'espace dans les élevages.

Nous reprenons ici cette proposition qui repose sur la définition de phases finalisées relatives à différentes étapes de l'alimentation des animaux. Mais ce découpage temporel ne s'appuie pas *a priori* sur le regroupement de parcelles ayant une conduite similaire, puisque par exemple au pâturage, elle inclut des parcelles pouvant avoir un double usage. Posant que les pratiques observées ne sont qu'une réponse possible parmi d'autres à un objectif et à un ensemble de contraintes, nous définissons les ateliers sur la base des objectifs et des contraintes de production, plutôt que sur l'analyse des pratiques. Ceci nous permet de conserver un regard critique sur les pratiques mises en œuvre. Comme le proposent L. Hémidy et L.G. Soler (1994), cette représentation permet : (i) d'évaluer les règles de décision permettant d'atteindre l'objectif de production ; d'autres que celles identifiées pouvant être plus appropriées ; (ii) de repérer les dysfonctionnements d'allocation de ressources, et spécifiquement de surfaces, aux différents ateliers lors des phases de planification et de révision du plan de production ; ces problèmes pouvant être à l'origine de difficultés d'adaptation des systèmes de production aux changements de réajustements.

A partir de l'analyse de deux types d'élevages bovins très différents, l'un laitier en plaine, l'autre allaitant en montagne, nous proposons de montrer comment on peut identifier les différents ateliers de production. Les problèmes spécifiques que cette approche permet de traiter seront développés dans la dernière partie.

## 1.2. Exemples de définition d'ateliers

Dans le cas d'une exploitation laitière à haut potentiel utilisant du pâturage, de l'ensilage de maïs et d'herbe pour nourrir le troupeau, les ateliers de production sont facilement identifiables. On peut distinguer en effet un atelier troupeau de vaches laitières qui pour ce type de production constitue une commande pour les ateliers de production fourragère (maïs, ensilage d'herbe et pâturage). Le plan de production consiste en premier lieu à allouer des surfaces aux différents ateliers de production fourragère. Cette allocation de ressource s'effectue en deux temps. Tout d'abord, lors de la planification à l'automne, il y a affectation des surfaces aux différents ateliers de production fourragère en fonction des objectifs propres à chacun. Puis, pour pallier les aléas sur le climat, l'éleveur garde en réserve certaines parcelles en herbe qu'il pourra affecter soit au pâturage soit à l'ensilage d'herbe lors d'une phase d'ajustement du plan. Ces surfaces que nous nommons *surfaces tampons* ont donc un itinéraire technique différent des autres surfaces en herbe mais ne constituent pas pour autant une unité de gestion du système de production.

Dans le cas d'une exploitation de bovins allaitants de montagne où la part du pâturage est importante, on peut distinguer les ateliers fourragers suivants : prés de fauche servant à la fois à la constitution des stocks et pour partie au pâturage de printemps, surfaces exclusivement pâturées du début de l'été à l'automne. Les problèmes d'allocation de surface que l'on rencontre dans ce cas sont très différents du précédent, puisque toutes les ressources sont constituées de prairies pérennes non semées. Toutefois, on peut isoler lors de la planification des prairies de fauche, des ensembles de parcelles exclusivement fauchées, d'autres pouvant être pâturées pour une durée variable notamment au printemps. Lors des phases d'ajustement au plan il s'agit d'affecter ces parcelles, en fonction de l'aléa climatique, soit à la constitution de stocks, soit de leur réserver un usage mixte. Ces affectations de

surfaces permettent donc de gérer la concurrence entre le pâturage et la fauche pour alimenter le troupeau jusqu'au départ en estive, mais aussi de constituer suffisamment de stock pour l'hivernage.

Sur ces deux exemples, il est ensuite possible de construire des modèles de simulation du fonctionnement des systèmes fourragers. En effet, les règles de décisions pour la planification et le pilotage étant connues ou proposées par des experts, il est possible de simuler l'affectation des surfaces et les calendriers alimentaires des troupeaux, pourvu que l'on dispose des modèles agronomiques sur l'élaboration de la production.

## **2. Logiques de conduite du pâturage, structures de production et diversité des systèmes fourragers**

### **2.1. Logiques de conduite du pâturage**

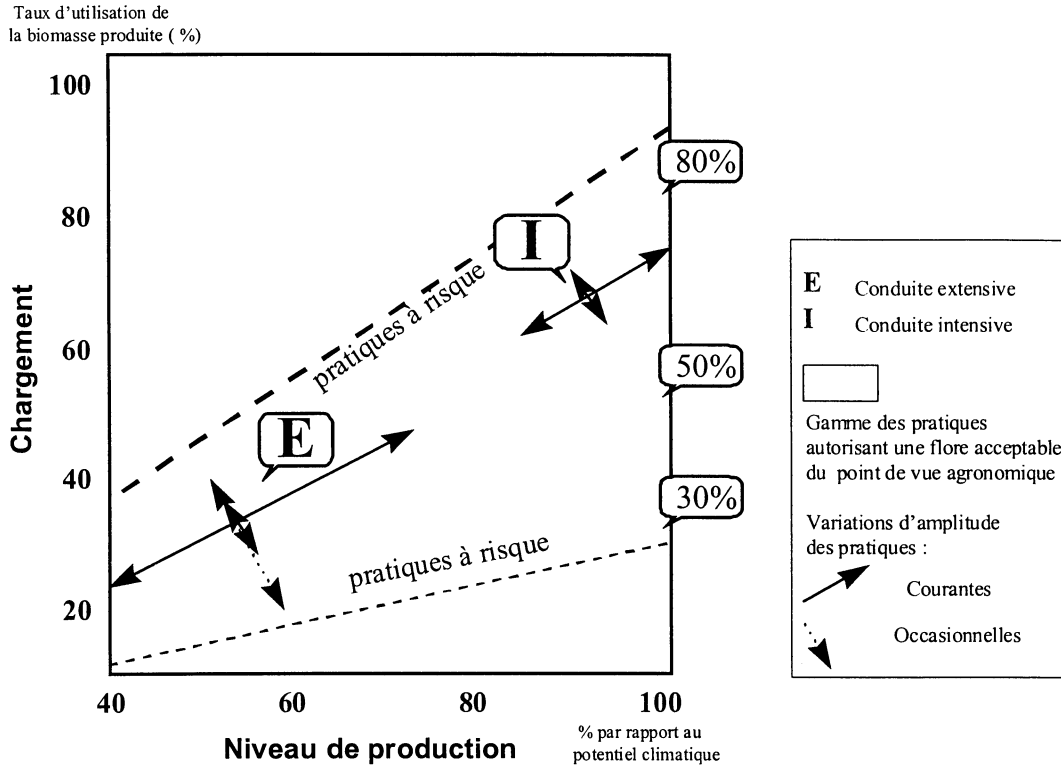
L'alimentation du troupeau est, en premier lieu, contrainte par les races et le potentiel génétique des animaux. En effet, ces deux caractéristiques déterminent en partie le choix des produits vendus (lait, animaux maigres ou fins pour la production de viande) et les performances zootechniques qu'il est possible d'atteindre, si l'objectif est de produire « au potentiel ». Le choix des races engage généralement pour le long terme, alors que le potentiel génétique augmente le plus souvent graduellement par le biais du renouvellement du cheptel au sein de l'exploitation. Pour un troupeau donné, un deuxième niveau de choix concerne les périodes de reproduction qui rythment le calendrier des besoins alimentaires (Gibon, 1981). Enfin, pour un calendrier donné, il est possible de viser une alimentation qui valorise complètement ou partiellement le potentiel de production des animaux, du moins à certaines périodes de leur cycle de reproduction. La résultante de ces trois niveaux de choix correspond à

la demande alimentaire du troupeau et à son calendrier entre deux mises bas.

Nous décrivons ci-après deux logiques de conduite du pâturage adaptées à des objectifs zootechniques contrastés. Ces logiques sont construites à partir de modèles agronomiques qui permettent d'intégrer l'effet des pratiques fourragères ou pastorales sur un ensemble de caractéristiques clefs (croissance nette de l'herbe, qualité de l'herbe offerte, quantités ingérées, dynamique de la composition botanique, efficacité des intrants). Leur conséquences en termes d'organisation du système fourrager sont précisées (souplesse de conduite, vigilance nécessaire pour la conduite, importance du travail d'astreinte). Pour un objectif zootechnique donné, ces logiques sont basées sur le choix d'un niveau d'intensification du milieu (fertilisation) et du niveau d'utilisation de la ressource produite (Duru et Pflimlin, 1998).

#### *1- Production intensive*

Pour la production laitière ou la production intensive de viande, où les charges de structure sont importantes (bâtiment, cheptel...), il faut produire suffisamment pour rentabiliser les investissements. C'est la raison pour laquelle les éleveurs cherchent à se rapprocher du potentiel de production des animaux. Ces choix impliquent alors de disposer d'une ressource fourragère de qualité. C'est une des raisons qui expliquent le développement des ensilages, car la maîtrise de leur qualité (niveau et régularité) est aisée en comparaison de l'alimentation au pâturage. En effet, dans ce dernier cas, pour tendre vers des quantités d'herbe ingérées et une valorisation des intrants élevées, il est nécessaire d'atteindre quasiment en continu un taux élevé d'utilisation de la biomasse produite (I sur la Figure 1), d'où des recommandations extrêmement précises pour la conduite du pâturage continu (Hodgson, 1985 ; Parsons, 1988). Diminuer cette intensité réduit la digestibilité de l'herbe offerte (Ducrocq et Duru, 1996) et les quantités d'herbe ingérées, surtout si la durée du pâturage est limitée (Mayne et Peyraud, 1996). A l'inverse, les quantités ingérées diminuent si l'intensité d'utilisation devient trop élevée.



**Figure 1 :** Grille d'analyse de la conduite au pâturage : définition en fonction du chargement et du niveau de production de la prairie et évaluation du point de vue des conséquences sur la valeur agronomique de la flore.

Deux types de conduites (Intensif et Extensif) sont définis selon le niveau d'intensification de la production et le taux d'utilisation de l'herbe produite. Ils peuvent ainsi être positionnés dans la gamme des pratiques correspondant à une composition botanique acceptable ou non d'un point de vue agronomique. Pour chaque type de conduite, les variations courantes d'amplitude des pratiques permettent de maintenir les caractéristiques souhaitées de la prairie (qualité, composition botanique...) mais des variations occasionnelles peuvent survenir qui sont susceptibles d'altérer le potentiel agronomique de la prairie (type Extensif).

Ce type de gestion peut être qualifié de flux tendu. Il implique notamment d'adapter la charge animale, c'est-à-dire la consommation d'herbe au pâturage, aux variations de la pousse de l'herbe au cours de la saison de pâturage, c'est-à-dire aux variations de la production de biomasse, de façon à minimiser le stock d'herbe d'avance (Duru *et al.*, 1988b ; Duru *et al.*, 1997). Pour cela, l'éleveur a deux possibilités : faire varier la surface affectée au pâturage, ou déclencher la mise à l'herbe lorsque la biomasse est optimale pour éviter les cercles vicieux par excès ou manque d'herbe (Gillet *et al.*, 1980, Coléno, 1997). Ce mode de gestion suppose donc de disposer à l'avance de surfaces en réserve mais aussi de stocks en

quantités suffisantes pour assurer la mise à l'herbe dans de bonnes conditions. Enfin, il importe de ne pas surdimensionner les surfaces affectées aux récoltes pour éviter d'augmenter les coûts de production et de stockage. Lorsque l'alimentation est basée sur de l'ensilage de maïs et d'herbe, c'est le pilotage par le pâturage qui doit être privilégié, la surface en maïs restant constante (Coléno, 1997). Ce mode de gestion est exigeant en terme de travail et de vigilance (Oury, 1983) car les interventions sont nombreuses et doivent être faites au moment opportun. C'est pourquoi, il n'est réaliste que pour les élevages laitiers où le troupeau est susceptible de rentrer deux fois par jour à l'étable.



## 2- Production extensive

Lorsque la performance zootechnique individuelle visée est moindre, les exigences de qualité et de régularité de la ration diminuent. Dans ces systèmes, on peut sous-alimenter l'animal de façon à passer au moindre coût les périodes de disette, l'hiver le plus souvent. Le printemps correspond généralement à une période d'abondance où les réserves corporelles des animaux peuvent être reconstituées (Dedieu *et al.*, 1991). En outre, c'est souvent la recherche de simplification qui prévaut dans ces systèmes. C'est pourquoi, pour minimiser les interventions, le chargement est susceptible d'être relativement stable au cours de la saison de pâturage. Contrairement au cas précédent, son niveau peut être relativement constant et indépendant des stocks de fourrages grossiers disponibles. Il en résulte des périodes de sous utilisation de l'herbe produite en période de forte croissance de l'herbe (conduite de type « sécuritaire » en plein printemps) et inversement en automne ou en été (cf E sur la Figure 1). La contrepartie de ce mode de gestion est une mauvaise valorisation des fertilisants en cas d'apport à la période la plus favorable pour la pousse de l'herbe, une qualité de l'herbe offerte réduite (faible digestibilité, présence de tiges et de matériel sénescé), et des risques de dégradation de la végétation (envahissement par des espèces indésirables) si le sous chargement est trop important à certaines périodes (Duru *et al.*, 1998). C'est pourquoi, cette utilisation partielle de l'herbe produite, à l'échelle de l'année, est généralement couplée à une extensification de la production d'herbe, ainsi qu'à un objectif de production zootechnique ne correspondant pas nécessairement au potentiel génétique des animaux. L'avantage de ce mode de gestion est sa simplicité, puisqu'il n'est pas nécessaire d'adapter le chargement aussi fréquemment qu'en I (Figure 1). Les variations quantitatives et qualitatives d'état de l'herbe peuvent être en quelque sorte « absorbées » par les animaux ou la végétation selon la période considérée, sans préjudice majeur respectivement pour leurs performances ou usages ultérieurs (Jarrige, 1979). Le système est généralement calé pour réduire le niveau d'alimentation

des animaux en période de faible croissance de l'herbe au moment où cette réduction est susceptible d'avoir un faible impact sur leur performance ultérieure (tarissement par exemple). De manière symétrique, à la période de forte croissance de l'herbe, là où les besoins des animaux sont plus élevés (mise bas et reconstitution des réserves), c'est une sous utilisation de l'herbe qui est d'emblée visée, de façon à « tenir » lorsque la croissance sera moindre à partir de la fin du printemps.

Les règles de conduite doivent donc être raisonnées en fonction des caractéristiques du matériel biologique. Sa plasticité conditionne la gamme possible de ces règles opérationnelles. Toutes les prairies ne présentent pas à cet égard la même souplesse d'utilisation (conservation de ses propriétés pour une plage d'interventions). Il en est de même des animaux (notion de rusticité).

Les modèles agronomiques et zootechniques qui sont à la base des raisonnements présentés ci-dessus permettent de préciser les points clefs dont il faut tenir compte pour discuter des voies d'adaptation des systèmes d'élevage. Pour les plus intensifs, les objectifs techniques ne pourront être satisfaits que par une gestion du pâturage en flux tendus. Les caractéristiques des animaux (états corporels...) et des prairies (hauteur d'herbe...) sont alors *des cibles à atteindre*. Les régulations pour faire face aux variations climatiques sont d'ordre organisationnel. Pour des raisons d'efficacité technique, les plans d'ateliers sont susceptibles d'être fréquemment révisés. Au contraire, pour des élevages plus extensifs, les moindres performances recherchées permettent de « garder du mou » ou de « gérer à l'économie », tant au niveau de la conduite des animaux que des prairies. Il s'agit alors de *ne pas dépasser des seuils critiques* d'états des animaux ou des prairies qui remettraient en cause respectivement les cycles de reproduction des animaux et la pérennité des prairies (composition botanique). Dans ces systèmes, les régulations sont plutôt d'ordre biotechnique.

## 2.2. Application pour caractériser la diversité des systèmes fourragers

Les deux logiques de pâturage définies ci-dessus constituent des archétypes. De fait, il existe un continuum entre ces extrêmes. La grande diversité des systèmes fourragers peut être caractérisée synthétiquement en les situant relativement à ces deux logiques, et en tenant compte de quelques facteurs clefs concernant les moyens de production : le travail, les caractéristiques des parcelles, des bâtiments et des équipements de récolte. La charge de travail conditionne entre autres la fréquence des changements et des révisions d'allotement d'animaux et de parcelles, la pratique du gardiennage étant la plus exigeante. Les caractéristiques du parcellaire influent quant à elles de plusieurs façons : l'importance des stocks dans l'alimentation est conditionnée par la surface mécanisable par UGB, la fonction des parcelles et leur place dans le calendrier alimentaire dépend de leur éloignement, de l'altitude, de la portance, du type de végétation...

Pour porter un diagnostic sur les systèmes fourragers, il nous faut donc tenir compte des grandes logiques biologiques qui ont valeur relativement générale et des caractéristiques des moyens de production qui sont le plus souvent spécifiques à un élevage. Nous pouvons ainsi mieux cibler les réorganisations en évaluant en quoi les objectifs visés au niveau du matériel biologique (performances des animaux, caractéristiques des prairies) fixent un cahier des charges quant aux moyens de production nécessaires et réciproquement en quoi ces derniers, ainsi que les réglementations bornent la gamme des objectifs possibles.

Nous proposons ci-dessous d'expliciter les règles de fonctionnement de deux systèmes herbagers, ainsi que des voies d'adaptation en mobilisant les deux types de représentation proposés : la notion d'atelier et la logique technique.

## 3. Coordination, dimensionnement et ordonnancement d'ateliers pour différents systèmes fourragers

### 3.1. Les activités de gestion de production

De manière générale, la gestion de production consiste à organiser *ex ante* un ensemble d'interventions qui satisfont à un cahier des charges comprenant des projets et des contraintes. Dans un environnement stable, le conseiller agricole pourra regarder si les moyens mobilisés sont en adéquation avec les résultats (équilibre stock pâture, possibilités de réduction des coûts de production ou de la charge en travail...). Lorsque le contexte change (réglementations sur les produits ou les surfaces), ou lorsqu'il s'agit de mettre au point une nouvelle technologie (équipement de récolte...), le problème sera d'évaluer les répercussions susceptibles d'être induites. L'approche par atelier peut constituer une aide pour identifier les changements d'organisation possibles ou nécessaires.

Nous avons vu précédemment que les ateliers de production tels que nous les avons définis, dépendent à la fois des objectifs et des moyens de production, et des caractéristiques des systèmes biophysiques (Figure 1). Dès lors, il doit être possible de mieux spécifier en quoi les pratiques observées sont contraintes par les caractéristiques des moyens de production et par celles du matériel biologique. Nous pouvons ainsi distinguer deux niveaux d'organisation : l'un concerne le dimensionnement et les coordinations entre ateliers, l'autre l'ordonnancement des interventions au sein d'un atelier, c'est à dire sa conduite. A chacun de ces niveaux, les choix sont basés sur des corps de règles :

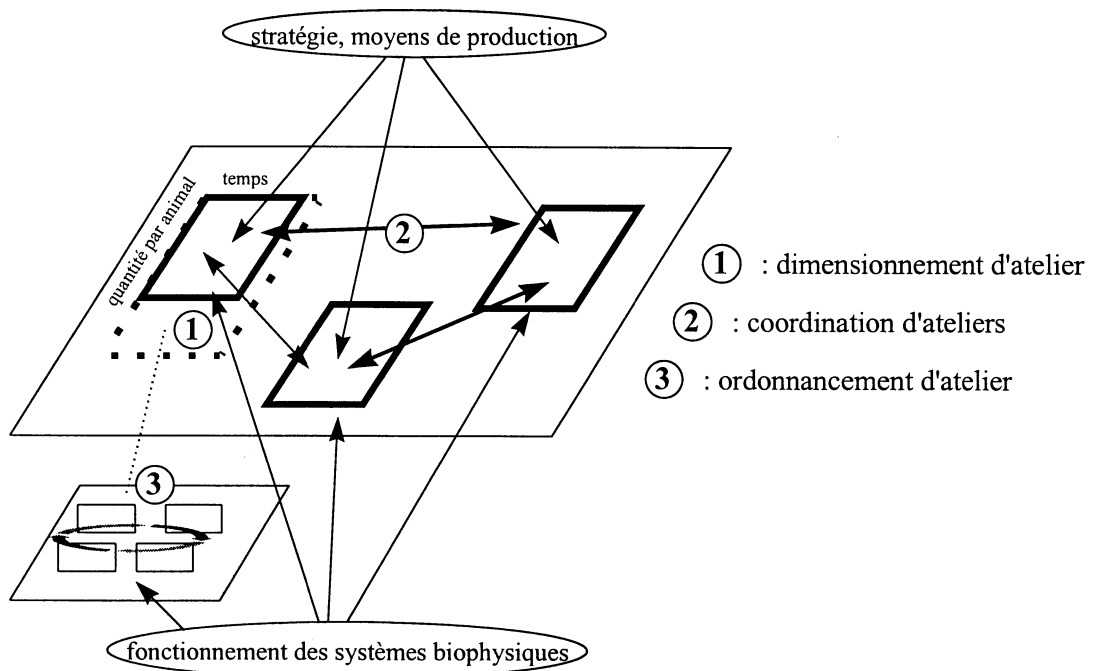
- Les règles de *dimensionnement* des ateliers visent tout d'abord à fixer la période calendaire ou bien la fraction du cycle de reproduction des animaux, ainsi que sa durée. A cet effet,

il convient de préciser si ces limites sont « dures », ou au contraire si elles peuvent faire l'objet de négociation avec les autres ateliers. En outre sont définies les quantités de ressources à allouer (travail, surface...). Les règles d'allocations doivent prendre en compte les conséquences d'un sous ou d'un sur dimensionnement sur les états des systèmes biophysiques (Figure 2). Et nous avons vu précédemment l'importance que cela pouvait avoir pour certains types de production.

- Les règles de *coordinations* visent à gérer les enchaînements d'utilisation des différentes ressources fourragères au cours du temps à l'échelle des saisons et des campagnes.
- Les règles d'*ordonnement* concernent principalement les ateliers « pâturage » car c'est pour ce mode d'utilisation que la gamme des possibles est *a priori* la plus large, et que l'ampleur des contraintes qui pèsent

sur l'organisation (travail, aptitude et caractéristiques des parcelles) est la plus grande. Le problème est donc de déterminer les règles de décisions mobilisables à chacun des moments clés pour organiser la succession des tâches. C'est pourquoi on peut assimiler ce problème à celui d'un ordonnancement d'atelier (Giard, 1988).

L'explicitation de ces corps de règles et leur évaluation à la lumière des propriétés des systèmes biophysiques et en fonction des objectifs et contraintes propres à un système de production est un moyen de réaliser un diagnostic de ce système (Aubry *et al.*, 1998). C'est aussi une étape préalable à la conception de scénarios visant soit à résoudre des dysfonctionnements, soit à comparer différentes voies d'adaptation. Nous illustrons l'intérêt d'une telle approche en nous appuyant sur les mêmes exemples que précédemment.



**Figure 2 :** Représentation schématique d'ateliers de production faisant apparaître les 3 composantes de la gestion de production (dimensionnement, coordination et conduite), analysées à l'interface entre les stratégies de production et le fonctionnement biophysique des objets gérés.

### 3.2. Exemple du pâturage de printemps dans les systèmes laitiers intensifs

En France, dans les élevages laitiers, le troupeau a généralement de fortes exigences alimentaires du fait d'un objectif de production élevé. L'objectif du système fourrager est alors de répondre aux besoins du troupeau tout au long de la campagne. Les règles de planification et de pilotage doivent assurer les enchaînements entre les différents modes d'alimentation, tout en minimisant les stocks.

Les observations en élevage permettent de construire un diagramme de pilotage (Coléno, 1997), sur la base du découpage en ateliers précédemment décrite. La planification, a lieu en début de campagne, lorsque tous les stocks récoltés sont connus (Duru et Rohmer, 1987). Elle concerne l'attribution de surfaces aux différents ateliers de production. Dans le cas des ateliers de production de stock, la satisfaction des objectifs nécessite de prendre en compte les besoins du troupeau pour le type d'aliment concerné et une anticipation sur le rendement à venir, mais aussi les reports de stocks de la campagne précédente. Pour le pâturage de printemps, le plan doit inclure les règles permettant d'éviter un manque, mais aussi un surplus d'herbe, dans la mesure où nous avons vu précédemment l'incidence que cela aurait sur la production laitière. Pour satisfaire à cette double contrainte, les éleveurs mettent en place une surface tampon qui, pourra être affectée au pâturage ou à l'ensilage d'herbe selon le climat. Les ajustements du plan de production ont lieu à la mise à l'herbe. Cette date joue donc un rôle important dans la coordination entre les ateliers de production. D'une part, comme nous l'avons signalé pour l'affectation de surface aux ateliers de production d'herbe, et d'autre part au niveau du calendrier alimentaire pour gérer la transition entre une alimentation en maïs et une alimentation au pâturage (longueur et modalités).

Les diagrammes de pilotage ont ainsi permis de comprendre pourquoi dans de nombreux systèmes d'élevages

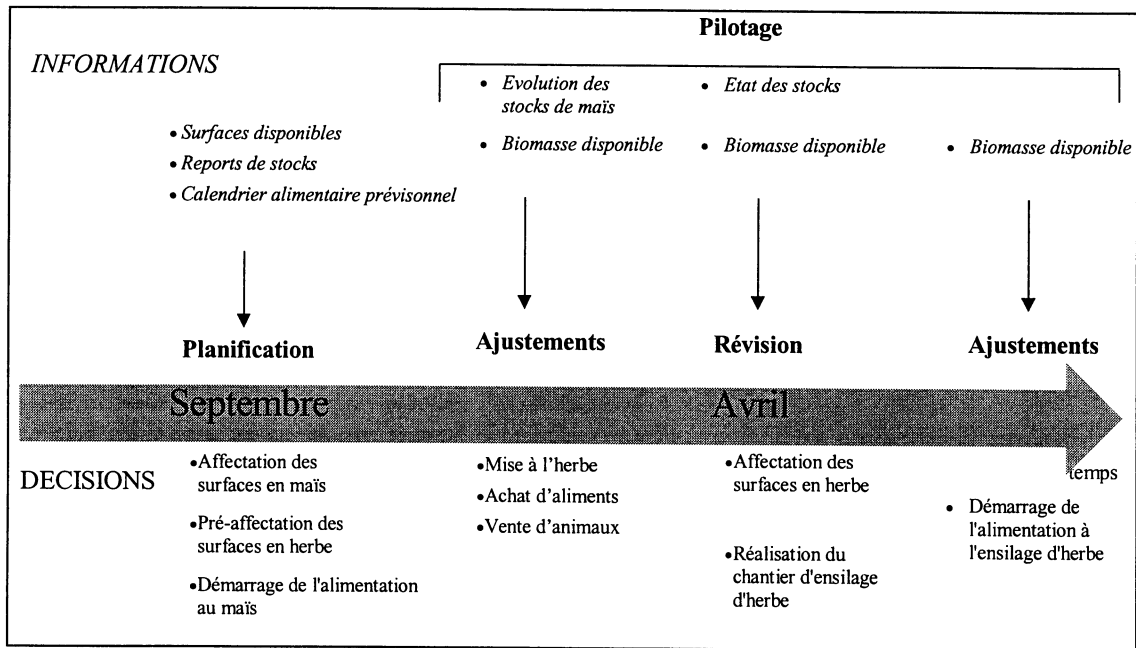
laitiers, la part du pâturage avait tendance à diminuer au profit de l'ensilage de maïs. Les uns tiennent au surdimensionnement de l'atelier pâturage, ainsi qu'à sa mauvaise coordination avec l'atelier maïs (Coléno, 1997), alors que d'autres résultent de difficultés de conduite de l'atelier pâturage (Duru *et al.*, 1988b).

#### 3.2.1. Dimensionnement et coordination des ateliers maïs et pâturage

L'analyse des diagrammes de pilotage d'un ensemble d'élevages où maïs et pâturage (Figure 3) sont associés révèle l'existence de trois types de stratégies de gestion selon les règles de priorités utilisées pour le déclenchement des différentes phases d'alimentation et les règles d'allocation de surface aux ateliers. Ces trois types se caractérisent par des différences importantes sur les règles de planification ou sur les règles utilisées pour les coordinations entre ateliers de production.

La première stratégie vise à la fois une minimisation des stocks et des ruptures en valorisant au mieux l'utilisation du pâturage. Pour atteindre ces objectifs, la stratégie s'appuie sur deux règles de décision portant sur le calcul des affectations de surface en stock et sur l'enchaînement entre l'alimentation en maïs et l'alimentation au pâturage. L'affectation de surface aux cultures de stocks se fait en prenant en compte les besoins des animaux pour l'aliment considéré et les reports de stocks provenant de la campagne précédente. L'enchaînement entre maïs et pâturage est déclenché dès que le pâturage permet de nourrir le troupeau s'il reste du maïs, ou dès que le silo de maïs est vide si le stock de maïs est insuffisant pour nourrir le troupeau jusqu'à la date de mise à l'herbe la plus favorable au pâturage.

La seconde stratégie vise une absence totale de rupture et une surface constante en culture de stock tout en privilégiant une alimentation au pâturage lorsqu'elle est possible. Pour atteindre ces objectifs, la règle d'enchaînement entre modes d'alimentation est la même que pour la stratégie précédente. Par contre, la règle de planification des



**Figure 3 :** Diagramme général de planification / pilotage pour un système maïs-pâturage-ensilage d'herbe

surfaces de stocks ne prend pas en compte des reports de stocks d'une campagne sur l'autre.

La troisième stratégie vise une minimisation des reports de stock en maïs, ce qui revient à mettre à l'herbe lorsque le stock de maïs est épuisé, avec une surface stable en maïs d'une campagne sur l'autre. Ce dernier point conduit à adopter une règle de planification de la surface en maïs semblable à celle du type précédent. Par contre, la minimisation des reports de stocks se fait au détriment d'une forte utilisation du pâturage, puisque la règle d'enchaînement entre maïs et pâturage est en effet : « mise à l'herbe lorsque le stock de maïs est épuisé ».

En mobilisant des modèles biotechniques appropriés, il est possible de construire un modèle de simulation qui peut être utilisé à plusieurs fins :

- porter un diagnostic sur la cohérence entre un corps de règles et des objectifs de production ; cette étape est facilitée par le fait que, dans ces systèmes, la conduite du pâturage peut être relativement normative ;
- s'assurer de l'adéquation entre les règles de conduite de chacun des ate-

liers et les règles de coordination entre les ateliers de production ;

- tester le fonctionnement du système de production face à des changements de contexte de la production ; ainsi, dans le cas d'un déplacement de la courbe du prix du lait dans le temps ou de changement de politique de quota, il est possible de simuler le calendrier alimentaire du troupeau et les assolements compte tenu des objectifs de production. On peut alors rechercher le ou les corps de règles de planification et de pilotage qui permettent au système de production les plus satisfaisants face à ces changements.

### 3.2.2. Ordonnancement au sein de l'atelier pâturage

Au niveau de l'atelier pâturage, l'ordonnancement consiste à préciser les modalités pour réguler l'offre au pâturage, dans le cadre de contraintes fixées par la planification d'ensemble préalable. A cet effet, l'atelier peut être découpé dans le temps en différentes séquences, chacune d'elles correspondant à la réalisation d'une ou plusieurs tâches, ou bien à l'utilisation de ressources de caractéristiques différentes : premier apport d'azote, durée et modalité de la transi-

tion entre l'hivernage et le pâturage... (Cros *et al.*, 1997).

Même lorsque les règles opérationnelles appropriées de conduite du pâturage sont connues de l'éleveur, on observe souvent une maîtrise insuffisante (de la hauteur d'herbe résiduelle après pâturage par exemple) du fait qu'il est difficile pour lui d'anticiper les différentes interventions qui permettront la mise en œuvre de ces règles dans de bonnes conditions. La planification peut se décliner en termes de corps de règles du type : « si solde d'ensilage de maïs à finir au printemps ou pousse de l'herbe précoce, prévoir une réduction de l'apport d'azote » ; « si parcelles présentant des souplesses d'utilisation différentes, utiliser en premier celles pour lesquelles la digestibilité diminue le plus rapidement en fonction de la date d'utilisation »...

Les modèles agronomiques qui permettent de tester le bien-fondé de tel ou tel corps de règles devront généralement être plus précis que ceux utilisés pour le dimensionnement d'ateliers, car les plans portent sur des pas de temps plus courts. La construction de règles, de même que leur activation s'appuient généralement sur des indicateurs d'état des prairies et des animaux (Cros *et al.*, 1997). De tels modèles permettent d'évaluer l'impact sur la production zootechnique de modes de conduite du pâturage en flux moins tendus, motivés par une simplification de l'organisation du travail.

### **3.3. Exemple d'un troupeau allaitant avec contraintes sur les surfaces à stock et diversité des aptitudes des prairies**

Deux caractéristiques principales sont constitutives de ces systèmes. D'une part l'hivernage est une période souvent difficile du fait de l'insuffisance des stocks. D'autre part, les prairies de demi-altitude utilisables exclusivement par le pâturage présentent des risques de dégradation de la végétation du fait d'un chargement insuffisant à des périodes clefs (Gibon, 1981). En outre, du fait de réglementations collectives ou de

contraintes géographiques, les périodes d'utilisation de ces surfaces peuvent être figées.

Les surfaces fauchables étant souvent réduites, l'acquisition de l'autonomie fourragère pour l'hiver tout en minimisant l'effet de l'aléa climatique, passe par la définition de règles de conduite de l'atelier « constitution des stocks ». Tout d'abord, comme les vèlages ont lieu généralement juste avant la mise à l'herbe, il est possible en cas de déficit modéré de foin pour l'hivernage de « renégocier » le calendrier alimentaire du troupeau, au moins en début d'hiver pour s'ajuster à la production de l'atelier constitution de stocks. Une seconde possibilité vise à s'assurer d'une conduite du pâturage des prés de fauche en flux tendu, de façon à minimiser la part des prairies qui seront pâturées. Une troisième possibilité est de vérifier que les dates de fauche sont les plus précoces permises par les équipements de récolte afin de minimiser les pertes par sénescence et maintenir une composition botanique acceptable (Viviani *et al.*, 1992). Enfin, il convient de s'assurer que l'organisation du chantier de récolte tire parti au mieux de la diversité des caractéristiques des parcelles, en fixant des ordres de fauche des parcelles dépendant des conditions climatiques (Gibon *et al.*, 1989 ; Duru et Colombani, 1992).

Les mesures agri-environnementales, fondées sur un cahier des charges destiné à entretenir la végétation concernent essentiellement des surfaces exclusivement pâturées de demi-altitude. Leur mise en œuvre peut nécessiter une réorganisation du système fourrager de plus ou moins grande ampleur. Si le dimensionnement des surfaces n'est pas trop important, l'addition de nouvelles parcelles pourra se faire sans augmenter les risques de dégradation de la végétation. Dans le cas contraire, il faudra soit augmenter le nombre d'animaux (autre lot par exemple), soit accroître la durée d'utilisation de ces surfaces. Le dimensionnement ou la conduite d'autres ateliers risque alors de devoir être révisés : départ plus précoce du troupeau sur les surfaces de demi-altitude, compatibilité avec les dates de récolte sur les prairies de fond de vallée

dont un nombre plus faible est alors pâturé au printemps.

## 4. Discussion

Pour faciliter le diagnostic du fonctionnement des systèmes fourragers et cibler les modifications les plus adaptées, nous proposons un cadre de représentation calé sur l'organisation mise en œuvre par les éleveurs. Le système d'élevage est donc représenté comme un assemblage dynamique d'entités de gestion appelées ici ateliers et qui regroupent des activités concourant à un même objectif, c'est-à-dire ayant une même fonction productive.

Une telle structuration a été proposée pour le diagnostic global au niveau de l'exploitation (Benoît *et al.*, 1988). Elle est aussi observée couramment dans des opérations de conseil technique (Bossis, 1992). Pour nous, il ne s'agit pas d'une approche normative, posant que ces entités existent et sont délimitées *a priori*, quel que soit le système d'élevage. Elle prend acte des objectifs et des moyens disponibles au niveau de l'exploitation, ce qui cadre les évaluations et propositions. Nous nous donnons par ailleurs les moyens d'argumenter les réorganisations souhaitables et/ou possibles dans le domaine de la conduite des prairies en utilisant des modèles agronomiques.

Dispensant de penser finement toutes les interrelations entre les composantes du système, notre approche est un moyen de faire face à la complexité, même si ce n'est pas de manière optimale (Cossée *et al.*, 1992), comme le montrent plus généralement les travaux concernant la gestion des organisations (March et Simon, 1964). L'approche par atelier privilégie les temporalités des décisions qui rythment les processus biologiques, au lieu de s'en tenir aux temporalités de ces processus et des flux qu'ils génèrent.

De fait, les systèmes à base herbagère gèrent des objets parfois difficiles à caractériser et très sensibles aux modalités d'intervention. Ceci est particuliè-

rement aigu pour la ressource pâturée dans des systèmes qui reposent en grande partie sur leur capacité à gérer leurs surfaces, ce qui nécessite une forte coordination entre ateliers. Dans d'autres systèmes, élevages allaitants de grande taille par exemple, la ressource limitante n'est pas la surface, mais le temps de travail disponible (Dedieu *et al.*, 1997). Cependant, à partir d'une structuration du système en ateliers de production, l'étude des problèmes de planification et de pilotage nous paraît avoir une valeur générale. Globalement, notre approche s'inscrit dans un usage de la modélisation qui se développe actuellement pour traiter des questions de gestion (Thépot, 1995).

Par rapport à l'étude globale des systèmes d'élevage sur la base des pratiques des éleveurs, notre proposition a des prolongements qui nous paraissent significatifs, du fait, tout particulièrement, de la référence aux modèles biotechniques et de la structuration des décisions.

L'approche des pratiques, telle qu'elle est formulée par E. Landais et J.-P. Deffontaines (1990), permet de structurer le fonctionnement, dans le temps et l'espace, de l'exploitation agricole. Ainsi, les pas de temps (temps rond pour l'alimentation et temps long pour la reproduction par exemple) tout en étant calés sur les rythmes biologiques, sont révélateurs de la façon dont l'éleveur structure ses activités. Le caractère d'opportunité des pratiques est notamment tributaire des objectifs qu'il se donne et des contraintes qu'il perçoit. Notre approche par atelier systématise le rôle structurant que peuvent avoir les pratiques, notamment celles qui commandent la reproduction des animaux et l'affectation des surfaces.

Ensuite, la référence aux modèles biotechniques permet, au-delà du jugement sur l'efficacité des pratiques, de référer leur opportunité aux capacités de réponse des processus biotechniques. Pour cela, il s'agit de spécifier les règles de décision qui participent au dimensionnement et à la conduite des ateliers, généralement non distinguées.

Enfin, la prise en compte des temporalités dans les décisions ouvre sur une approche nouvelle de l'adaptation aux aléas. Le dimensionnement de l'atelier en temps utile participe d'une adaptation *a priori*, tandis que l'ordonnement et les interventions de détail permettent la correction chemin faisant.

C'est ainsi que nous pensons pouvoir tirer pleinement parti des acquis dans le champ des disciplines techniques, ce que ne permet pas l'étude globale des systèmes d'élevage. Sans renvoyer à chaque instant à l'ensemble du système de production, cette conception vise à bien situer le niveau d'investigation concerné par un problème concret et à mobiliser au mieux les références biotechniques disponibles, qu'il s'agisse de s'adapter à une réglementation sur les prix ou les quantités, ou encore de choisir une nouvelle espèce fourragère.

## Bibliographie

- Attonaty J.M.**, 1980. Qu'est ce que le système fourrager ? *Perspectives Agricoles*. Numéro Hors série : 20-27.
- Aubry C.**, 1995. Gestion de la sole d'une culture dans l'exploitation agricole. Cas du blé d'hiver en grande culture dans la région picarde. *Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon*. 271 p. + Annexes.
- Aubry C., Papy F., Capillon A.**, 1998. Modelling decision-making processes for annual crop management. *Agricultural System*, 56 (1) : 45-60.
- Benoît M., Brossier J., Chia E., Marshall E., Roux M., Teilhard de Chardin B.**, 1988. Diagnostic global d'exploitation agricole : une proposition méthodologique. *Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.* 12 : 1-47.
- Bossis N.**, 1992. Attitudes et comportement des éleveurs du public de Fourrages-Mieux en matière de pâturage. *Fourrages*, 132 : 411-428.
- Chatelin M.H., Aubry C., Leroy P., Papy F., Poussin J.C.**, 1993. Pilotage de la production et aide à la décision stratégique. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, 28 : 199-138.
- Coléno F.C.**, 1997. Stratégies de gestion des systèmes fourragers en élevages laitiers : étude empirique et modélisation. *Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique*, 241p+Annexes.
- Cossée B., Capillon A., Fiorelli J.L., Hoden A., Jeannin B., Micol D., Sget J.**, 1992. Remarques et réflexions sur « les attitudes et les comportements des éleveurs en matières de pâturage ». *Fourrages*, 132 : 429-432.
- Cros M.J., Duru M., Garcia F., Martin-Clouaire R.**, 1997. *Characterizing and simulating a rotational grazing strategy*. EFITA, First Conference for Information Technology in Agriculture, 15-18 juin, Copenhague.
- Dedieu B., Gibon A., Roux M.** 1991. Notations d'état corporel des brebis et diagnostic des système d'élevage ovin. *Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.*, 22 : 48 p.
- Dedieu B., Chabanet G., Josien E., Bécherel F.**, 1997. Organisation du pâturage et situations contraignantes en travail : démarche d'étude et exemples en élevage bovin viande. *Fourrages*, 149 : 21-36.
- Ducrocq H., Duru M.**, 1996. Effet de la conduite d'un pâturage tournant sur la digestibilité de l'herbe offerte. *Fourrages*, 145 : 91-104.
- Duru M., Rohmer G.**, 1987. Approche du fonctionnement du système fourrager. Le cas d'exploitations laitières modernisées du Sud Ouest de la France. *Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.*, 9, 43 p.
- Duru M., Colombani H.**, 1992. Haymaking : Risks and Uncertainties in Central Pyrenees Grasslands. *Agricultural Systems* , 38 : 185-207.
- Duru M., Pflimlin A.**, 1998. Outils et méthodes de conception et d'évaluation de systèmes fourragers. *In Aide à la décision et choix de stratégies dans les entreprises agricoles*. Actes du colloque, Laon, 10-11 décembre, 127-142.
- Duru M., Nocquet J., Bourgeois A.**, 1988. Le système fourrager : un concept opératoire ? *Fourrages*, 115 : 251-272.
- Duru M., Fiorelli J.L., Osty P.-L.**, 1988. Propositions pour le choix et la maîtrise du système fourrager. I. Notion de trésorerie fourragère. *Fourrages*, 113 : 37-56.
- Duru M., Dalmières A., Foucras J., Laval L.**, 1997. Diagnostic de la conduite du pâturage au printemps d'élevages allaitants. *Fourrages*, 150 : 209-223.



- Duru M., Balent G., Gibon A., Magda D., Theau JP., Cruz P., Jouany C.**, 1998. Fonctionnement et dynamique des prairies permanentes. Exemple des Pyrénées centrales. *Fourrages*, 153 : 97-113.
- Fleury Ph., Dubeuf B., Jeannin B.**, 1996. Forage management in dairy farms : a methodological approach. *Agric. Syst* 52 (2/3) : 199-212.
- Giard V.**, 1988. *Gestion de la production*. Economica, Paris , 1048 p.
- Gibon A.**, 1981. *Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevages dans les Pyrénées centrales*. Thèse de Docteur-Ingénieur, INA Paris Grignon, 160 p.
- Gibon A., Lardon S., Rellier J.-P.**, 1989. The heterogeneity of grassland fields as a limiting factor in the organization of forage system. Development of a simulation tool of harvest management in the Central Pyrenees. *Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.*, 16 : 105-117.
- Gillet M., Huguet L., Le Roy A., Posny P.**, 1980. Peut-on concilier pâture et plein emploi des graminées fourragères ? Nouvelle approche d'un vieux problème (II). *Fourrages*, 81 : 3-20.
- Girard N.**, 1996. *Modéliser une représentation d'expert dans le champ de la gestion de l'exploitation agricole*. Thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard Lyon 1, 234 p.
- Hatchuel A., Weil B.**, 1992. L'expert et le système. Gestion des savoirs et métamorphose des acteurs dans l'entreprise industrielle. Economica, Paris : 263 p.
- Hatchuel A., Sardas J.-C.**, 1992a. Le pilotage des systèmes complexes de production. Planification hiérarchisée et coopération dans l'incertain. In de Terssac G. et Dubois P. (éds.), 1992 : *Les nouvelles rationalisations de la production*, Editions Cépaduès, Toulouse : 227-248.
- Hatchuel A., Sardas J.-C.**, 1992b. Les grandes transitions contemporaines des systèmes de production, une démarche typologique. in de Terssac G. et Dubois P. (éds.), 1992 : *Les nouvelles rationalisations de la production*, Editions Cépaduès, Toulouse : 1-24.
- Hatchuel A., Saïdi-Kabeche D., Sardas J.C.**, 1997. Toward a new planning and scheduling approach for multistage production systems. *Int. J. of Production Research*, 35 (3) : 867-886.
- Hémidy L., Soler L.-G.**, 1994. A conceptual model of decision making for strategic monitoring in farming firm. In Jacobsen B.H., Pedersen D.E., Christensen J., et Rasmussen S. (eds) : *Farmers' Decision Making : a Descriptive Approach*. Actes du 38e séminaire de l'EAAE, Copenhague.
- Hémidy L., Maxime F., Soler L.-G.**, 1993. Instrumentation et pilotage stratégique dans l'entreprise agricole. *Cahiers d'économie et de sociologie rurales*, 28 : 91-118.
- Hodgson J.**, 1985. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. *Proc. XVth Intern. Grassl. Cong.*, Kyoto 24-31 Aug. : 63-67.
- Hubert B., Girard N., Lasseur J., Bellon S.**, 1993. Les systèmes d'élevage ovin préalpins. Derrière les pratiques, des conceptions modélisables. Pratiques d'élevage extensif. *Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.*, 27 : 351-385.
- Jarrige R.**, 1979. Utilisation des pâturages des milieux défavorisés : essai de conclusion. In Jarrige E., Molenat G. (éds) *Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et parcours méditerranéens*, 541-566.
- Landais E., Deffontaines J.P.**, 1990. Les pratiques des agriculteurs, point de vue sur courant de la recherche agronomique. In *Modélisation systémique et système agraire. Décision et organisation*. Actes du séminaire du département SAD, St Maximin, 2-3 mars 1989. Brossier J., Vissac B. et Le Moigne J.-L. (éds), INRA Paris : 31-64.
- March J.G., Simon H.A.**, 1964. *Organisations, problèmes psycho-sociologiques*. Dunod, Paris, 240 p.
- Mayne C.S., Peyraud J.L.**, 1996. Recent advances in grassland utilization under grazing and conservation. 16th meeting of the European Grassland Federation, Eds Parente G., Frame J., Orsi S., 347-262.
- Oury J.-M.**, 1983. *Economie politique de la vigilance*. Editions Calmann-Levy, Paris, 171 p.
- Parker W.J., Gray D.I., Lockhart J.C., Townsley R.L.**, 1994. Farm management research in New Zealand and its contribution to animal production. *Proc. of the NZ Soc. of Animal Production*, 54 : 357-362.
- Parsons A.J.**, 1988. The effect of season and management on the growth of grass swards. In Jones M. B., Lazenby A. (eds) : *The Grass Crop* : 129-178.

**Sebillotte M., Soler L.G.**, 1990. Les processus de décision des agriculteurs. In *Modélisation systémique et système agricole. Décision et organisation*. Actes du séminaire du département SAD, St Maximin, 2-3 mars 1989. Brossier J., Vissac B. et Le Moigne J.L. (éds), INRA Paris : 93-118.

**Thépot J.**, 1995. La modélisation en sciences de gestion ou l'irruption d'un tiers. *Revue Française de Gestion*, 102 : 66-70.

**Viviani Rossi E.M., Theau J.P., Gibon A., Duru M.**, 1992. Diagnostic des systèmes fourragers à partir d'une enquête : méthodologie et application à la constitution des stocks dans le Couserans. *Fourrages*, 130 : 123-147.

