

INRA Prod. Anim.,
1998, 11 (3), 199-209

M. BENOIT

INRA, Laboratoire Économie de l'Élevage,
Theix 63122 Saint-Genès-Champanelle

Un outil de simulation du fonctionnement du troupeau ovin allaitant et de ses résultats économiques : une aide pour l'adaptation à des contextes nouveaux

Parmi les préoccupations actuelles des éleveurs d'ovins-viande, trois concernent directement le fonctionnement du troupeau : fournir des agneaux à des périodes déterminées, limiter le temps de travail et répondre aux exigences d'entretien de l'espace. Afin d'adapter au mieux les systèmes d'élevage à ces contraintes ou mettre en place de nouveaux systèmes, cet article propose un outil simulant leur faisabilité technique et permettant d'étudier leurs résultats techniques et économiques potentiels.

L'espèce ovine a comme caractéristiques essentielles une durée de gestation courte et une possibilité de mise bas à différentes saisons, de façon naturelle ou suite à des traitements hormonaux. Ces caractéristiques peuvent permettre aux éleveurs d'adapter la conduite de la reproduction de leurs troupeaux afin de satisfaire à trois objectifs aujourd'hui prépondérants : fournir à la filière

certain types d'agneaux à des périodes clés, limiter les pointes de travail en organisant au mieux la succession des travaux, répondre aux cahiers des charges de contrats d'entretien de l'espace faisant appel au pâturage à des périodes très précises.

La mise au point de nouveaux modes d'organisation de la reproduction d'un troupeau répondant à un ou plusieurs de ces objectifs pourrait bénéficier de l'utilisation d'un outil de simulation. La nécessité d'un tel outil nous est apparue à partir de 1988, dans le cadre d'expérimentations interdisciplinaires d'utilisation de territoires à faible chargement mises en place à l'INRA de Theix (Thézier *et al* 1997). Deux problèmes concernant le fonctionnement des troupeaux étaient posés :

- valider, avant leur mise en place, des systèmes de reproduction adaptés à l'entretien du milieu et à des objectifs de rentabilité ;
- anticiper largement les interventions concernant la gestion du troupeau : réforme et renouvellement, le tri des agnelles de reproduction intervenant 15 mois avant leur mise bas. En effet, les troupeaux nécessitaient d'être conduits de façon très stable, afin de respecter au mieux les protocoles (chargement, répartition des mise bas par saison...).

Dans ce but, nous avons mis au point un outil de simulation du fonctionnement du

Résumé

L'élevage ovin allaitant est aujourd'hui confronté, entre autres, à trois nécessités : s'adapter aux filières en fournissant des agneaux à des périodes ciblées, prendre mieux en compte l'organisation du travail, répondre favorablement aux contrats d'entretien de l'espace. Ces préoccupations peuvent remettre en cause le fonctionnement des troupeaux.

Afin de pouvoir proposer facilement de nouveaux modes de conduite de la reproduction des troupeaux, cohérents, adaptés à ces objectifs et à ceux de demain, l'article présente un outil de simulation mis au point, initialement, pour les races rustiques du Massif Central dans des troupeaux fonctionnant avec une accélération du rythme de mise bas, celles-ci étant réparties sur 3 périodes. Il prend en compte, pour une situation équilibrée sur le long terme, les interactions entre les différents lots d'animaux à la base du fonctionnement du troupeau : brebis luttées, vides, accélérées, réformées et agnelles de renouvellement.

Cet outil intègre en outre une simulation économique aboutissant à la marge brute par brebis, associée à l'ensemble de ses critères d'analyse et à l'édition d'un calendrier de livraison des divers types d'agneaux. Une illustration est donnée par une application dans un contexte précis, présentant la démarche adoptée.

troupeau, fondé sur la présence de deux lots de femelles conduits en parallèle, avec deux périodes de reproduction. Un élargissement des possibilités a, par la suite, été réalisé, avec la prise en compte d'une troisième période de mise bas, tel que cela est pratiqué dans de nombreux élevages de race rustique, et en particulier dans ceux pratiquant le « 3 agnelages en 2 ans » (Benoit *et al* 1997). Enfin, nous avons complété cet outil par un module de calculs économiques (marge d'atelier), prenant en compte la diversité des débouchés de la filière.

Après une présentation du contexte dans lequel se situe ce travail, l'article décrit les principes de l'outil à travers, d'une part, la mise en évidence des éléments déterminant l'équilibre à long terme d'un système de reproduction, d'autre part l'incidence de la prise en compte de la prolificité sur les résultats économiques. Après une troisième partie décrivant une application réalisée, les champs d'application, les limites et l'enrichissement possible de l'outil de simulation sont présentés.

1 / Contexte et objectifs

En zone de montagne du Massif Central, les troupeaux ovins allaitants sont constitués d'animaux de races locales rustiques ayant la faculté de mettre bas naturellement à l'automne et en hiver. Traditionnellement, les béliers restaient avec les brebis d'une façon continue, depuis le printemps jusqu'en milieu d'hiver, les mise bas s'échelonnant de septembre à mai. Avec l'augmentation des effectifs et la rationalisation de la production, ont été mis au point des systèmes d'agnelage « accélérés » dans lesquels les périodes de reproduction sont relativement courtes mais fréquentes. Ainsi, les brebis non productives peuvent être aisément repérées et éliminées et l'alimentation des brebis mieux ajustée aux besoins grâce au regroupement en lots d'animaux au même stade physiologique. L'engraissement des agneaux nés durant des périodes de courte durée optimise le temps passé aux soins et homogénéise les lots commercialisés. La trésorerie est régularisée et l'occupation des bâtiments optimale.

Un système fréquemment rencontré en Auvergne et dont nous avons montré l'intérêt économique (Benoit *et al* 1994 et 1995), est le « 3 agnelages en 2 ans », basé sur trois périodes de mise bas de 4 à 6 semaines chacune, situées généralement en septembre, décembre et avril. Les brebis mettent bas tous les 8 à 9 mois et les agnelles de renouvellement, a priori conservées à partir des 3 périodes, mettent bas entre 15 et 18 mois d'âge. La productivité du troupeau, critère fortement corrélé à la marge par brebis (70 à 80 % selon la conjoncture) est excellente, atteignant 1,70 agneau vivant par brebis de plus de 12 mois dans les élevages stabilisés.

Au début des années 90, ce système a cependant pu être remis en cause par cer-

tains, le développement d'une filière d'agneaux légers (24 kg) vers l'Espagne, à des prix généralement très rémunérateurs, renforçant l'intérêt des mise bas à l'automne. Le retour à un agnelage par brebis et par an, à cette saison, en destinant les agneaux exclusivement à ce marché, a montré son intérêt, essentiellement sur de petites unités conçues comme ateliers complémentaires, en particulier à des troupeaux de bovins laitiers (Rouel *et al* 1995).

Plus récemment, les structures de commercialisation du Massif Central, confrontées à une forte concurrence extérieure, ont développé différents produits (agneau Grillonnet et agneau de l'Adret, Rieutort 1995, Pâtre 1996 a et b). Le développement de ces marchés passe par la régularité de leur approvisionnement. Pour cela, les groupements de producteurs peuvent faire jouer les complémentarités entre élevages. Cependant, certaines périodes restent chroniquement déficitaires et certains éleveurs envisagent d'augmenter le nombre des agneaux nés à l'automne en modifiant le calendrier annuel de mise bas.

Si de nouveaux systèmes rencontrent l'intérêt de la filière, une simulation de la faisabilité technique suivie d'une approche économique pourrait permettre d'aider à la constitution d'une contractualisation entre éleveurs et filière.

L'occupation de l'espace et l'entretien du paysage peuvent faire l'objet de contrats entre la collectivité et les éleveurs, sur la base de cahiers des charges préconisant des périodes de pâturage précises de zones à valeur pastorale souvent faible mais à fort intérêt écologique. Deux difficultés apparaissent alors (Dobremez et Véron 1997) :

- quelles pratiques d'élevage et de pâturage peuvent être préconisées, qui permettront d'atteindre les objectifs du contrat ? Des expérimentations en cours tentent de répondre à cette question ;

- sur quelles bases estimer les surcoûts ? L'un des buts de l'expertise préalable à la mise en place d'un cahier des charges est en effet le chiffrage économique, qui peut s'avérer difficile lorsqu'il s'agit d'estimer l'impact de modifications de pratiques.

L'outil développé peut servir d'interface entre ces deux aspects. En effet, sa contribution n'est pas d'établir un calendrier de pâturage satisfaisant à l'entretien du territoire exploité, mais, précisément, d'une part de montrer l'existence et la réalisation possible d'un fonctionnement de troupeau adapté au type de pâturage envisagé et, d'autre part, de chiffrer l'incidence économique (marge de l'atelier ovin).

Evolution des filières et entretien des espaces difficiles illustrent l'intérêt de l'outil dont le champ d'application pourrait être élargi, à l'avenir, à la prise en compte de nouvelles préoccupations ou opportunités dont l'espèce ovine pourrait tirer parti grâce à sa souplesse d'utilisation et d'adaptation.

2 / L'outil de simulation

L'outil est conçu en deux modules : le premier concerne le fonctionnement du troupeau, élaboré selon le calendrier de mise bas souhaité et décrit dans toutes ses composantes. Le second (module économique), permet de calculer l'ensemble des critères technico-économiques de l'atelier, dont la marge par brebis.

Les deux modules sont étroitement intégrés et, à toute modification concernant le module 1 correspond une mise à jour du module 2 (figure 1). Le développement a été réalisé sous le tableur Excel de Microsoft.

2.1 / Principes de conception du module 1

Le fonctionnement en système accéléré des troupeaux de race rustique peut être schématisé par l'existence en parallèle de 2 lots de femelles, les brebis vides non réformées passant d'un lot à l'autre, ce qui permet une remise au bélier rapide et le maintien d'un taux élevé de mise bas.

Les principaux moyens de gestion de l'effectif des lots concernent des paramètres démographiques et une gestion des flux internes d'animaux :

- taux de réforme et renouvellement des reproductrices : nombre et saisons de sortie

des animaux (mort ou vente) et d'entrée des agnelles depuis chacun des 2 lots de femelles ;

- choix de remise en lutte accélérée des brebis avec, dans la négative, leur transfert dans l'autre lot. Cette décision peut être prise lorsque l'état corporel des brebis est jugé insuffisant ou dans le but de rééquilibrer les effectifs des lots.

La figure 2 illustre la permutation des 2 lots pour 2 exercices consécutifs : sur la base d'une mise bas tous les 8 mois, les brebis du lot A mettent bas en avril, puis en décembre. Au 31 décembre de l'année n, leur effectif doit donc correspondre à celui du lot B au 1^{er} janvier n, puisque la mise bas suivant celle de décembre n a lieu en septembre n + 1. Si cette égalité est vérifiée, il y a situation d'équilibre à long terme. Notons que le terme « lot A (ou B) » n'est pas tout à fait exact et qu'il vaudrait mieux parler « d'effectif A (ou B) » car les brebis composant le lot A (ou B) ne sont pas les mêmes pour 2 exercices consécutifs.

Que se passe-t-il si les effectifs (A et B) ne correspondent pas à la situation d'équilibre ?

Dans le contexte d'un troupeau conduit en 3 agnelages en 2 ans, nous avons considéré, au 1^{er} janvier de l'année n (figure 3a), deux lots (A et B) de 40 et 60 brebis d'un troupeau dont l'effectif total (100 femelles) reste constant dans les exercices successifs, les taux de renouvellement et de réforme étant identiques.

A partir du choix d'un calendrier de mise bas, le fonctionnement du troupeau est simulé en fonction des paramètres zootechniques et de conduite.

Figure 1. Construction de l'outil de simulation.

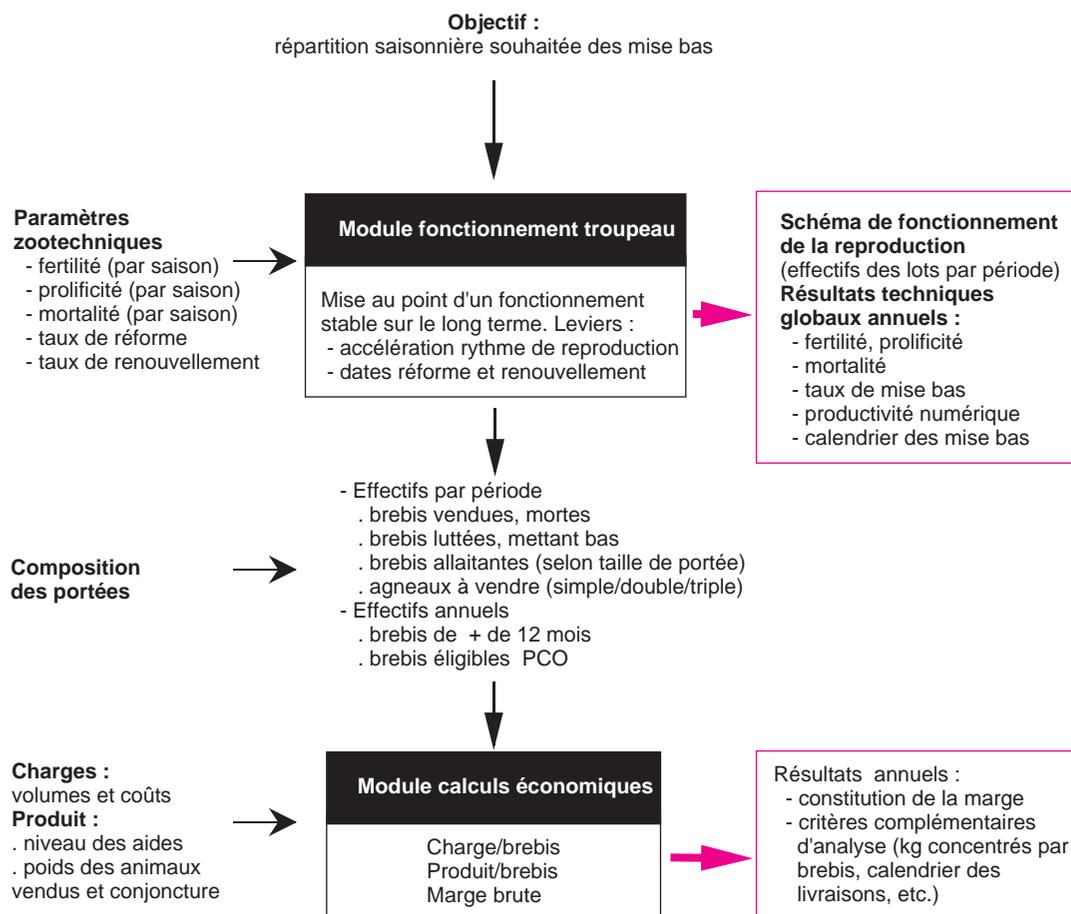
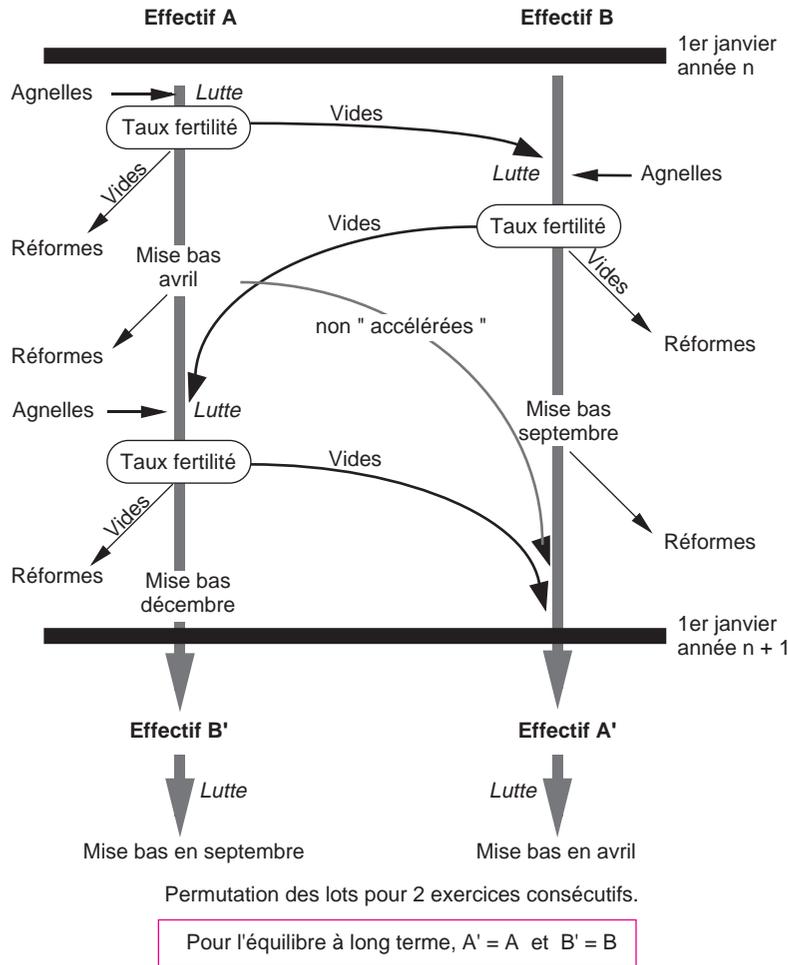


Figure 2. Fonctionnement du troupeau conduit en deux lots parallèles avec un rythme de trois agnelages en deux ans.



Le fonctionnement du troupeau est caractérisé par les effectifs des lots de femelles aux différents stades physiologiques, par les flux d'animaux entre ces lots et les entrées-sorties des agnelles et réformes.

Dans le calcul de l'équilibre, les paramètres zootechniques restent identiques dans la succession des exercices étudiés, en particulier, les niveaux de fertilité (3 périodes de lutte dans l'année) et les sorties de brebis et entrées d'agnelles (nombre, date, lot d'origine).

Au 31 décembre de l'année n, l'effectif B (60 brebis au 1^{er} janvier n) est devenu A', et compte 64 brebis. Il va jouer le rôle de A dans l'exercice n + 1 (mise bas en avril).

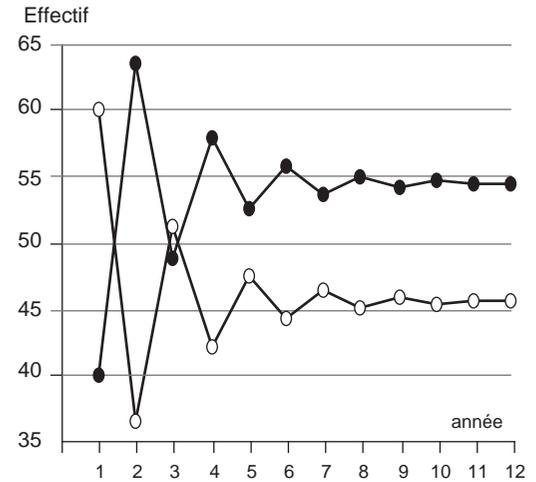
En réappliquant ces nouveaux effectifs (64 et 36 brebis pour A et B) à l'exercice n + 1, on aboutit pour l'exercice n + 2 à des effectifs de 49 (A) et 51 (B) brebis. Après 4 exercices, ces effectifs sont stabilisés, à 5 % près, aux valeurs à l'équilibre, soit 54 et 46 brebis.

L'équilibre final n'est pas réalisé avec 50 brebis dans chaque lot puisque chacun d'eux est soumis à des flux d'individus différents : transferts de femelles vides d'un lot à l'autre, affectation des sorties (réformes) et entrées (agnelles).

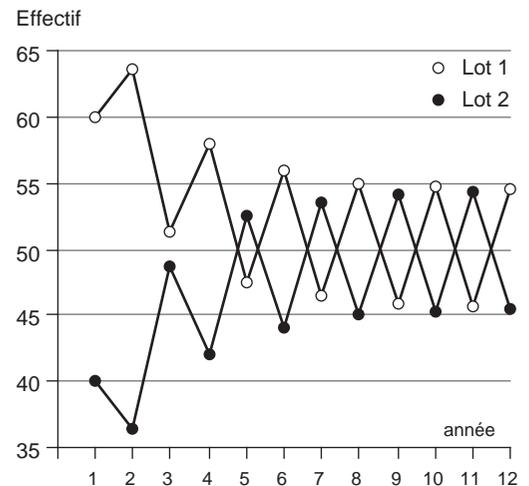
Il n'y a pas de dérive dans le temps ; la succession de cycles n'aboutit pas à l'agglomération de tous les individus dans le même lot, mais à leur répartition entre les 2 lots A et B, dont les effectifs sont fonction des paramètres introduits.

Figure 3. Equilibre à long terme d'un troupeau conduit au rythme de trois agnelages en deux ans.

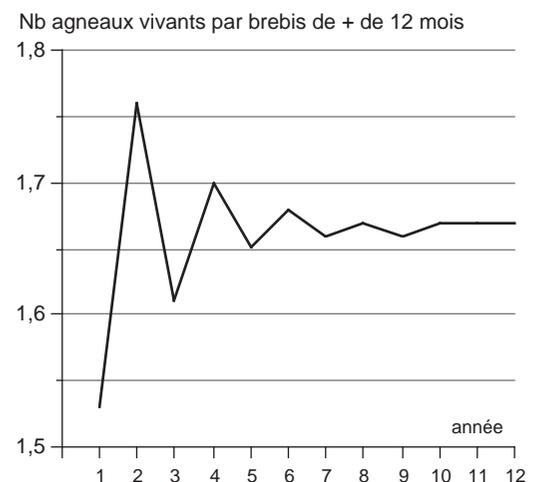
a - effectif A (●) : femelles mettant bas en avril et décembre chaque année
effectif B (○) : femelles mettant bas en septembre chaque année



b - Evolution de 2 lots de brebis conduits en parallèle pendant 12 ans et mettant bas en avril puis décembre puis septembre



c - Productivité numérique annuelle correspondant à l'ajustement progressif



La figure 3b présente l'évolution des effectifs des lots de brebis suivant leur cycle de mise bas : avril-décembre-septembre-avril, etc. (avec les mêmes données de départ).

Dans le même temps (figure 3c), la productivité du troupeau varie dans une fourchette de 1,52 à 1,76, avant d'atteindre sa valeur de « croisière » : 1,67. Nous retrouvons ici les observations faites en exploitations, de fluctuation de performances de troupeaux. A conduite de la reproduction et politique de réforme et de renouvellement constantes, devrait s'établir une situation de croisière dans les 4 à 5 ans, comme nous l'observons dans des élevages pratiquant une gestion de troupeau interannuelle très stable.

Une situation d'équilibre est théorique, elle représente en fait ce vers quoi tend en moyenne un système, les performances de reproduction (fertilité) variant bien entendu chaque année (à saison donnée).

Ce module ne peut être qualifié de modèle dans la mesure où il n'est pas réalisé d'optimisation linéaire et qu'il n'y a pas de validation du résultat sur des séries de données. Il s'agit du calcul du nombre d'individus constituant d'une part les lots de femelles à différents stades physiologiques (lutte, gestation...), d'autre part les flux entre ces lots (brebis vides, recyclées...), avec l'objectif de déterminer des effectifs calculés constants (pour chacun des lots identifiés) dans des cycles annuels successifs.

2.2 / Démarche d'utilisation du module fonctionnement de troupeau

a / Les caractéristiques initiales

La mise au point d'un fonctionnement du troupeau correspondant à un cahier des charges nécessite au préalable le choix d'un système de reproduction, défini en particulier par le nombre de périodes de lutte et leur importance relative.

Il est nécessaire d'estimer les valeurs des paramètres de conduite tels les taux de réforme et de mortalité des brebis, ainsi que les paramètres zootechniques classiques que sont la prolificité, la mortalité des agneaux et la fertilité des femelles pour chacune des périodes de reproduction retenues, agnelles et multipares étant distinguées. Les niveaux de fertilité font partie des facteurs prépondérants de l'élaboration d'une solution.

Notons à ce stade l'importance de l'existence d'un référentiel de données zootechniques, permettant à l'opérateur de choisir, en particulier, les niveaux de fertilité des femelles aux différentes saisons de reproduction, en fonction des génotypes, des durées de lutte et des intervalles entre périodes de reproduction. Pour cela sont utilisées les références acquises par le laboratoire sur le long terme, à partir de troupeaux fonctionnant sur des rythmes plus ou moins accélérés, sur des périodes de mise bas variables, dans des

contextes connus, utilisant en général des races locales : BMC (Blanche du Massif Central), Limousine et Rava. Ces données peuvent être mises en relation avec les performances de reproduction correspondantes, les caractéristiques des produits et les résultats économiques. Pour un élargissement de l'utilisation de l'outil à d'autres génotypes ou situations, il serait nécessaire de faire appel à d'autres références, telles celles des UPRA (Unités nationales de sélection et de promotion des races) dans le cadre du contrôle de performances et celles des réseaux technico-économiques des chambres d'agriculture et des groupements de producteurs.

b / Données de pilotage

Deux types de leviers permettent d'établir, par étapes, un système de reproduction satisfaisant aux objectifs projetés. Il s'agit :

- du nombre de brebis dont la reproduction est accélérée, pour chacune des périodes de mise bas (par exemple, mise bas en avril puis en décembre). Il s'agit là du levier d'ajustement le plus puissant ;
- du choix du nombre de brebis réformées et des agnelles introduites, par saison. Les brebis de réforme peuvent provenir de lots de brebis ayant mis bas ou de brebis vides suite à la lutte, ceci pour chacune des périodes pré-définies. Les agnelles peuvent être gardées ou achetées et leur âge à la première mise bas peut être de 12 à 13 ou 16 à 17 mois.

Une modification profonde des valeurs choisies peut amener à réviser certains paramètres précédemment présentés, par exemple le niveau de fertilité lorsque les taux d'accélération ou de réforme d'un lot varient fortement. Une moindre accélération peut, en particulier, coïncider avec un meilleur état corporel des brebis et une amélioration de la fertilité, voire de la prolificité.

c / Résultats de la simulation

•□ Les critères de premier ordre permettent de juger du degré d'ajustement de la solution par rapport aux objectifs envisagés. Il s'agit essentiellement de la répartition annuelle des mises bas (proportion par période) résultant de l'équilibre, du taux d'accélération des brebis, du taux de sélection des agnelles de renouvellement à conserver et des performances globales obtenues, en particulier la productivité numérique.

•□ Les critères de second ordre apportent une connaissance plus fine en terme d'effectifs : nombre de brebis déclarables pour la Prime Compensatrice Ovine, nombre d'agneaux à commercialiser par période. Les notions d'effectifs de brebis sont données dans l'encadré 1.

•□ Il est nécessaire de juger de la souplesse de l'équilibre obtenu et de ses possibilités d'ajustement face aux fluctuations inévitables des paramètres techniques. Sont ici analysés :

- le nombre de périodes d'entrée des animaux de renouvellement et leurs effectifs.

Les principaux leviers d'ajustement sont le taux d'accélération du rythme de reproduction et la modification, par saison, du nombre d'agneaux de renouvellement et de brebis réformées.

Trois notions d'effectifs

1 / Les simulations sont réalisées pour 100 femelles présentes au 1^{er} janvier, mises en lutte dans l'exercice.

2 / L'effectif de femelles déclarables pour la Prime Compensatrice Ovine ou PCO (femelles de plus de 1 an présentes du 15-01 au 15-05) dépend de la date de naissance des agnelles de renouvellement. L'effectif « PCO » (par exemple 105 brebis) correspondant à 100 femelles présentes au 1^{er} janvier servira de base à l'extrapolation des effectifs des lots de femelles du schéma de fonctionnement, pour un troupeau caractérisé par une référence de brebis primables (« référence PCO » de 500 brebis par exemple).

3 / Nous calculons en outre l'effectif de femelles de plus de 12 mois (effectif moyen annuel, en jours de présence, selon Marzin et Liénard 1984), critère utilisé pour exprimer les ratios essentiels : productivité numérique, marge par brebis, etc.

Certains équilibres extrêmes requièrent de faire entrer la totalité des agnelles de renouvellement à la même période. Il est alors très probable que, certaines années, la fluctuation des résultats de fertilité des différentes luttes ne permettra pas d'obtenir l'équilibre saisonnier de mise bas souhaité, l'effectif d'agnelles de renouvellement étant déjà au complet sur la période clé permettant de faire jouer cet équilibre ;

- la pression de tri des agnelles de renouvellement. Le tri des agnelles sur leur fonctionnalité doit laisser un choix suffisant. La nécessité de choisir l'ensemble des agnelles sur une même période afin de les introduire simultanément dans le troupeau pour approvisionner une période déficitaire en mise bas peut aboutir à un choix insuffisant, même si l'on peut considérer que l'amélioration génétique du troupeau passe avant tout par la voie mâle. La solution d'acheter tout ou partie du renouvellement existe aussi ;

- le raisonnement est du même ordre pour les animaux de réforme, ceux-ci devant, si possible, pouvoir sortir du troupeau à partir des différents lots de mise bas ou de lutte existants ;

- enfin, on peut calculer le délai de retour à l'équilibre en cas d'écarts de performances par rapport aux hypothèses, ou de sorties intempestives d'animaux (forte mortalité de brebis). Ce délai de retour, qui est souhaité court, dépend bien entendu de l'importance de l'écart aux paramètres initiaux, mais aussi de la conduite de la reproduction, en particulier du nombre de périodes de luttes.

- □ Les critères de conduite : une description fine du fonctionnement est donnée par les effectifs de chacun des lots d'animaux identifiés (femelles luttées, mettant bas, remises en lutte accélérée ou non...). L'illustration en est présentée dans la troisième partie.

d / Vers une solution cohérente

Dans la pratique, il est indispensable de travailler en aller-retour entre la solution proposée par la simulation et les choix initiaux. En effet, cette situation d'équilibre peut présenter des écarts significatifs avec les souhaits initiaux (critères de 1^{er} ordre, critères de souplesse). Un ajustement plus fin peut être réalisé en retouchant les données de pilotage.

Lorsque l'objectif initial est considéré atteint, une analyse des performances économiques est réalisée (module 2, voir ci-dessous), replacée dans le contexte de l'exploitation (disponibilités fourragères, places en bâtiments d'élevage, organisation du travail...).

2.3 / Le module de calcul des résultats économiques

a / Elaboration de la marge

Le calcul de la marge ovine est fait selon la méthodologie du laboratoire (Benoit *et al* 1997) ; les postes sont précisés dans l'encadré 2.

Les charges d'alimentation représentent 60 % des charges proportionnelles ovines en élevage de race rustique (Benoit *et al* 1997). Aussi, les quantités de concentrés distribuées aux brebis en lactation ont-elles été affinées en prenant en compte :

- d'une part le niveau de prolificité, par l'utilisation de courbes de régression, donnant la proportion des agneaux nés simples, doubles ou triples. Ces courbes, construites d'après les données issues de nos enregistrements, coïncident avec celles publiées par Bodin *et al* (1989). Dans le cas de reproduction sur œstrus induit, ces auteurs relèvent, à prolificité donnée, une augmentation de l'hétérogénéité de la composition des portées, avec une diminution du nombre d'agneaux doubles et une augmentation des simples et des triples. Un affinement de la simulation pourrait être réalisé sur cette base, dans le cas de mise bas d'automne issues d'œstrus induit ;
- d'autre part l'origine des agneaux morts (c'est-à-dire leur mode de naissance, simple, double ou triple), pour une prolificité moyenne de 135 à 145 %.

In fine, nous disposons, par saison, des effectifs de brebis allaitant un, deux ou trois agneaux.

Une différenciation de la complémentation des brebis en gestation selon le nombre de fœtus pourrait également être faite si des échographies avec comptage (pratique peu répandue) étaient réalisées.

Le niveau de complémentation des agneaux et leur potentiel de poids de commercialisation tiennent également compte de leur mode de naissance.

La prolificité est prise en compte à deux niveaux : pour la destination et la caractérisation des produits et pour le calcul des charges d'alimentation.

Éléments de calcul de la marge ovine

* postes faisant appel au module 1, avec la prise en compte du paramètre prolificité.

(*) postes faisant appel au module 1 seulement pour la prise en compte d'effectifs.

Autres postes : font appel aux références des réseaux d'observation.

Produit ovine

* Vente d'animaux

(*) Achats d'animaux (en négatif)

(*) Aides spécifiques ovines (PCO (perçue dans l'exercice), Prime Monde Rural, aides à la qualité des agneaux, à l'achat d'animaux...)

Vente de laine et recettes diverses ; autoconsommation

Variation d'inventaire (nulle, en situation stabilisée)

Charges ovines

Aliments grossiers achetés (foin, ensilage, paille)

* Aliments concentrés achetés et produits (cession interne)

(*) Lait en poudre

Minéraux-vitamines

Frais vétérinaires

Frais d'élevage (interventions extérieures sur le troupeau, IA, commercialisation...)

Charges de surface fourragère

Engrais, semences fourragères, produits phytosanitaires fourragers, frais d'ensilage et d'enrubannage (CUMA et entreprise).

La figure 4 présente l'incidence de la prise en compte de la composition des portées sur le paramétrage des caractéristiques des différentes catégories d'agneaux à commercialiser et l'alimentation des mères et des agneaux (références de calculs de rations : logiciel INRAtion, Bocquier *et al* 1987, Thériez *et al* 1987, A. Brelurut, communication personnelle).

Les autres données sont référencées aux réseaux d'observation d'exploitations en suivi pluriannuel (frais vétérinaires, frais divers d'élevage, minéraux, frais fourragers, conjoncture, niveaux d'aide...). Plus de précision peut être introduite, si elle s'avère justifiée, en particulier en ce qui concerne les frais fourragers.

Le module 1 fournit les effectifs nécessaires, par saison, aux calculs des produits et charges : ventes, achats d'animaux, lots de brebis aux différents stades physiologiques, agneaux engraisés, effectifs primables...

b / Optimisation des débouchés

Pour chaque période de commercialisation existent des paramètres concernant le marché (prix des agneaux lourds ou légers) et les caractéristiques des agneaux à vendre, poids et concentrés nécessaires à leur finition.

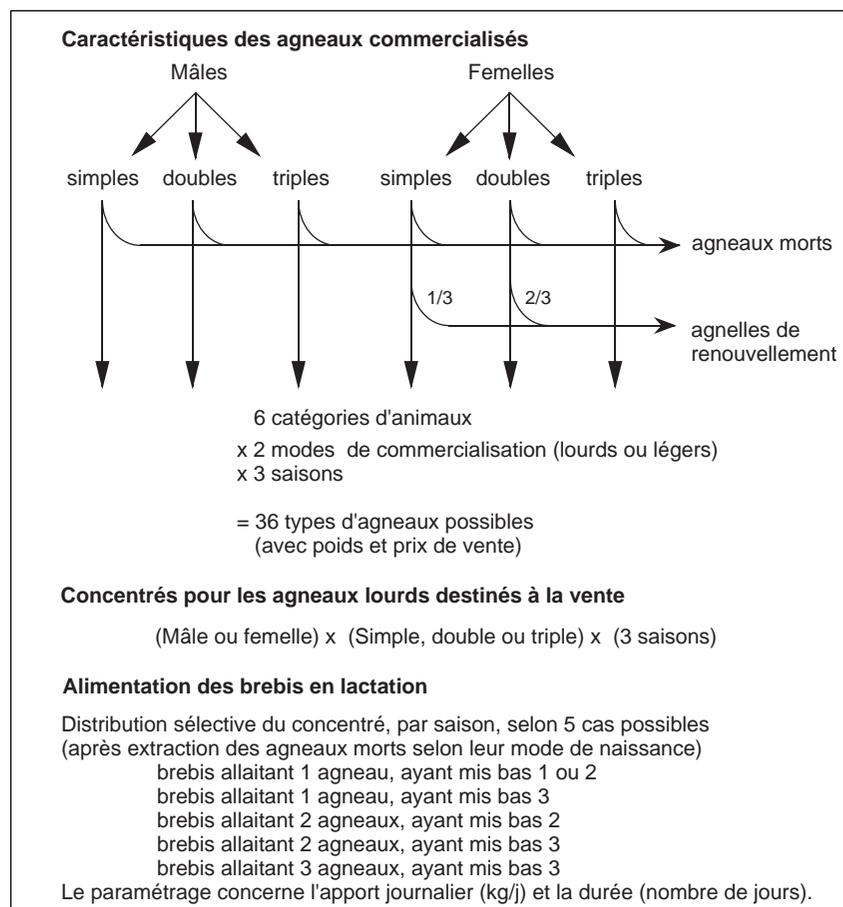
Dans la mise en œuvre d'une première simulation, pour chacune des 18 catégories d'agneaux, (mâle ou femelle, naissance au printemps, en automne ou en hiver, simple double ou triple), l'utilisateur décide a priori de leur commercialisation, en agneaux lourds ou légers, en fonction des caractéristiques du marché et de la pratique des éleveurs.

Pour chacune des 18 catégories d'agneaux, le programme calcule le gain ou la perte de marge par brebis obtenu en inversant le type de filière de commercialisation, en destinant

par exemple à l'automne les mâles simples au marché des agneaux lourds plutôt qu'à celui des légers.

Ceci permet de chiffrer, par cumul pour les 18 catégories, le gain total potentiel théorique de marge par brebis que l'on peut escompter en optimisant les débouchés.

Figure 4. Prise en compte de la prolificité.



c / Calendrier de livraison des agneaux (légers et lourds)

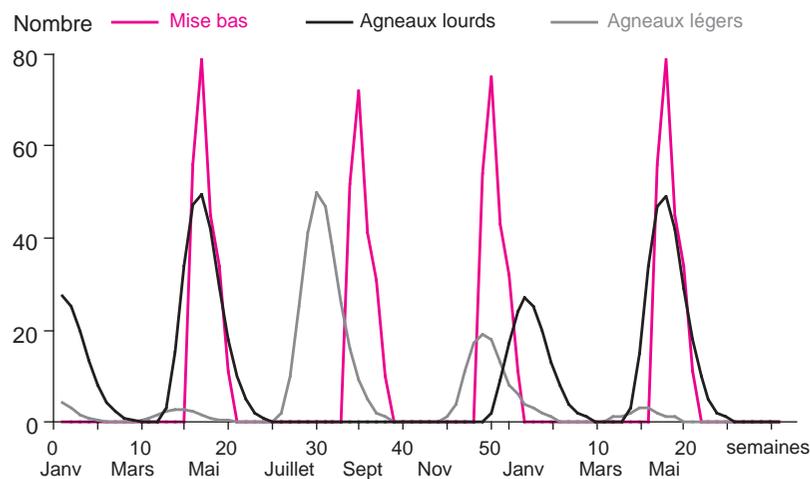
L'établissement du calendrier de livraison a nécessité 2 paramétrages supplémentaires (valeurs définies a priori et restant à préciser).

Pour une date de mise bas (date centrale introduite dans la simulation), quel est l'étalement réel observé des naissances sur 5 semaines (durée de la lutte) ? La répartition retenue est de 25-35-20-15 et 5 % pour ces 5 semaines.

Pour une semaine de naissance donnée (date de mise bas), l'engraissement des agneaux s'échelonne sur plusieurs semaines. Nous retenons un étalement de 8 semaines, les premiers agneaux étant vendus à 110 jours, les derniers à 159 jours. La répartition de la semaine 1 à 8 est de 10-25-25-19-11-5-3 et 2 % des agneaux nés durant la période. Cette répartition est identique pour les agneaux légers et les lourds.

Finalement, les deux effets sont cumulés dans un calendrier des ventes des agneaux. A titre d'exemple, en figure 5, parmi les agneaux nés en septembre (prolificité de 140), les mâles simples et doubles ainsi que la moitié des femelles simples sont alourdis et vendus entre les semaines 50 et 10, tandis que les autres agneaux sont vendus légers entre les semaines 45 et 5.

Figure 5. Calendrier de mise bas et vente d'agneaux.



% d'agneaux vendus		nés au printemps (01/05)	nés à l'automne (05/09)	nés en hiver (20/12)
Mâles	simples	0	100	100
	doubles	0	100	100
	triples	0	0	0
Femelles	simples	0	50	100
	doubles	0	0	100
	triples	0	0	0
Moyenne		0	58,5	94,4
Moyenne sur l'année : 50,8				

3 / Exemple d'application

On peut illustrer la démarche d'utilisation du logiciel à partir d'une application réalisée dans un élevage du Plateau de Millevaches, en Limousin.

Les 500 brebis croisées Limousines x Romanov sont conduites en 3 agnelages en 2 ans (janvier, mai, septembre) et utilisent 160 ha de SAU dont 150 ha de SFP (chargement 0,5 UGB/ha). Les parcours représentent 70 ha, à base de tourbières, de landes à bruyères et à fougères ; 50 ha sont sous contrat agri-environnemental dont le cahier des charges précise les périodes de pâturage et le chargement autorisé.

La situation actuelle est difficile au printemps ; les stocks fourragers sont épuisés et l'alimentation des brebis mettant bas est à base de paille ou de foin acheté et de concentrés ; les risques de prédation des agneaux naissant au printemps en extérieur, les faibles ressources fourragères pâturables à cette époque et l'éloignement des parcelles de pâturage nécessitent de garder en bâtiment, de mai à juillet, environ 200 brebis en lactation et 350 agneaux. La charge de travail correspondant à cet agnelage est peu compatible avec la fenaison et une activité d'accueil à la ferme. En outre, la valorisation des 70 ha de parcours pourrait être meilleure si l'on disposait plus fréquemment dans l'année de brebis taries ou à faibles besoins.

L'ensemble des contraintes et des objectifs qu'il faut chercher à concilier est abordé avec l'éleveur. Sur les 12 cas étudiés, faisant varier le niveau de réduction de la proportion de mise bas de printemps sous plusieurs hypothèses de conjonctures et filières possibles, 3 sont finalement retenus (à conjoncture constante). Le choix final est fait après discussion de la faisabilité technique, avec l'éleveur : importance des lots, répartition annuelle des agneaux commercialisés, occupation des bâtiments, adéquation aux ressources fourragères, disponibilité de la main d'œuvre.

Ce système est décrit par l'ensemble des critères d'analyse technico-économiques classiques et par le principe de fonctionnement de la reproduction, en précisant les effectifs de tous les lots de femelles identifiés en figure 2 : luttées, vides, accélérées ou non, mettant bas, agnelles, réformes.

Le système retenu conserve 3 périodes de reproduction mais dans de nouvelles proportions issues du module fonctionnement (23-50-27 % pour le printemps, l'automne et l'hiver au lieu de 36-34-30 % au départ). La moindre importance des mise bas de printemps implique, à l'équilibre, peu de mise bas en hiver.

Les avantages procurés par cette nouvelle répartition sont d'ordres divers :

- au printemps, seulement 131 mise bas pour 235 agneaux à vendre, d'où plus de temps disponible pour d'autres tâches pendant l'été, une moindre consommation de foin en mai-juin et plus de brebis sur parcours ;

- la reproduction sera accélérée vers le printemps pour 32 % seulement des brebis mettant bas en septembre ; 70 % de ces brebis (n = 194) mettront bas de nouveau dans un délai de 12 mois et pourront, après sevrage en novembre, être hivernées dehors, avec pâturage des bruyères, piétinement en fin d'hiver des zones à fougères où le foin pourra être distribué ;

- le taux de mise bas passe de 1,32 à 1,20, la moindre accélération d'une partie du cheptel permet la diminution des charges d'alimentation (concentrés).

Cette nouvelle organisation a certaines conséquences, économiques et organisationnelles :

- la marge par brebis est en baisse de 40 F, soit - 6 %. Une augmentation du cheptel dans cette proportion pourrait assurer la compensation, tout en définissant un nouvel équilibre n'accroissant pas le nombre de mise bas de printemps et donc le travail à cette période ;

- l'étalement des 287 mise bas d'automne donnant naissance à près de 500 agneaux devient nécessaire ; les premiers, nés courant août et destinés à la filière agneaux légers fin octobre, laisseraient la place à la seconde vague de mise bas destinées à la commercialisation d'agneaux lourds en début d'hiver. Cette vague pourrait concerner les seules brebis dont la reproduction a été accélérée, après une mise bas en janvier précédent.

4 / Discussion - conclusion

La présentation de l'outil a été faite à partir de systèmes de reproduction accélérés avec une répartition des mise bas sur 3 périodes. Son utilisation est cependant possible pour des systèmes plus simples, basés sur 2 saisons de reproduction (systèmes herbagers avec contresaison par exemple).

L'outil présenté n'a d'autre ambition que de simuler des fonctionnements cohérents de troupeaux ovins, avec un chiffrage économique des résultats. Il n'intègre pas de façon formelle les interactions fortes avec le milieu physique, qui font appel à des connaissances agronomiques, d'autant plus difficiles à appréhender qu'elles peuvent concerner des milieux hétérogènes et peu intensifiés.

4.1 / Significations et limites de l'outil

Son utilisation première est la mise en évidence de scénarios cohérents de fonctionnement de troupeau. Les hypothèses de départ concernant les paramètres techniques sont replacés dans le contexte global de l'exploitation. Un des déterminants des résultats calculés est la fertilité, dont il est difficile d'apprécier la valeur probable. En effet, elle dépend de nombreux facteurs (état corporel des brebis, niveau et équilibre de l'alimentation, conditions d'élevage, stress...) dont certains ont des effets différés dans le temps.

4.2 / D'autres approches pour généraliser l'utilisation de la simulation

Le module fonctionnement est construit sur la base de 2 lots de brebis pouvant mettre bas sur 2 ou 3 périodes. La simulation fait intervenir des périodes de lutte bien distinctes et courtes (pas de lutte continue sur l'année) et il revient à l'opérateur de savoir, en fonction des dates de reproduction retenues, si certaines opérations pourront avoir lieu, en particulier la possibilité d'accélérer la reproduction d'une brebis pour la période d'agnelage suivante. Chaque période est définie par une date moyenne, aucune analyse de son déroulement n'est faite et sa durée n'est pas implicitement prise en compte. A l'extrême, un système de reproduction basé sur une mise bas continue de septembre jusqu'au printemps ne pourra être représenté correctement. D'autres travaux prennent en compte cet aspect (Girard et Lasseur 1997).

Pour tenter d'affiner les hypothèses sur la fertilité moyenne et permettre la prise en compte des périodes de lutte longues, il serait nécessaire d'intégrer des données individuelles en affectant à chaque brebis une probabilité de réussite de la lutte par référence à des individus de caractéristiques comparables. Il pourrait être fait de même pour les décisions de réforme qui seraient ainsi mieux justifiées. Ce type d'approche fait largement appel à la démographie des populations couplée à des analyses de probabilité et a fait l'objet de travaux en élevage bovin (Azzam *et al* 1990, Jalvingh *et al* 1993).

4.3 / Interprétation des résultats

L'utilisation du module économique et la validation des comparaisons économiques de systèmes doivent être testées pour plusieurs courbes de conjoncture, voire plusieurs niveaux de charges d'alimentation.

L'interprétation est parfois complexe et doit être resituée dans le contexte local et selon les contraintes de l'éleveur.

Le choix du bon indicateur économique dépend du facteur limitant identifié et donc du contexte. L'exemple de l'indicateur « nombre de brebis » (utilisé pour l'expression de la marge) peut être donné, deux calculs d'effectifs pouvant être retenus : le nombre de « femelles éligibles à la Prime Compensatrice Ovine (PCO) » et le nombre « moyen annuel de brebis de plus de 12 mois » (calculé en journées de présence), qui traduit le nombre d'UGB annuelles de l'élevage. Les agnelles de renouvellement ont une forte incidence sur le calcul de ces 2 critères (période de naissance).

Si l'éleveur ne peut pas augmenter son quota de brebis éligibles à la PCO et a des ressources fourragères non limitantes, l'expression des résultats se fera plutôt en référence au nombre de « brebis PCO » : l'éleveur a intérêt à avoir le maximum de « brebis de plus de 12 mois » pour un nombre de « brebis PCO » donné (utilisation du maximum de ressources

Les fonctionnements simulés et leurs résultats économiques doivent être replacés dans le contexte de l'exploitation en tenant compte de ses contraintes particulières.

fourragères). Cet objectif peut être atteint par une politique de réforme et de renouvellement adaptée. À l'inverse, on retiendra l'effectif de « brebis de plus de 12 mois ».

4.4 / Evolutions envisageables de l'outil de simulation

a / Enrichissement des modules existants

La prise en compte de divers génotypes pourrait être une voie intéressante. Certaines races rustiques sont largement utilisées en croisement afin de concilier performances de reproduction (désaisonnement naturel), qualités maternelles des mères et conformation du produit. Un exemple typique est celui de la race Rava croisée à double étage avec la race Ile de France et la Charollaise.

Même si l'organisation entre élevages est très forte (avec contractualisation naisseurs-utilisateurs de femelles F1), de nombreux éleveurs utilisent plusieurs génotypes de mères (race pure ou F1) conduites en lots séparés, avec des performances de reproduction et une valorisation des produits différentes.

Pour étudier finement la conduite et la rentabilité économique de tels troupeaux, il serait nécessaire, d'une part de dédoubler, dans l'outil de simulation, les lots de femelles pour faire apparaître deux niveaux de performances techniques, d'autre part d'introduire le type génétique des béliers utilisés à chacune des périodes de lutte, couplé avec des grilles de conjoncture correspondantes pour les agneaux commercialisés.

b / Vers de nouveaux modules

La validation d'un nouveau système de fonctionnement de troupeau fait appel à des notions dont certaines sont prises en compte dans la simulation, comme la rentabilité économique ou les besoins de la filière. La prise en compte d'autres notions, telles l'adaptation aux équipements disponibles, l'organisation du travail ou l'utilisation de la surface fourragère, se fait de façon informelle.

Compte tenu de l'importance du travail (volume, organisation, calendrier) pour les éleveurs, il pourrait être intéressant de coupler cette approche dans un module complémentaire, présentant, sous forme calendaire, les différents types de travaux concernant le troupeau.

Il pourrait également être intéressant de dresser, de façon systématique, un calendrier des besoins alimentaires des mères puisque tous les lots correspondants à des stades phy-

siologiques donnés sont déjà identifiés. Ainsi, avec l'adjonction d'un module fourrager intégrant, pour chaque type de parcelle, ses potentialités saisonnières d'utilisation, il deviendrait possible de mieux juger d'une part de l'adéquation du fonctionnement du troupeau avec la surface fourragère disponible, d'autre part de son intérêt pour l'utilisation d'éventuelles parcelles en risque de dégradation ou soumises à un cahier des charges d'entretien. La mise en application d'un tel module fourrager risque cependant d'être lourde, car faisant appel à une qualification précise de chaque parcelle, avec la difficulté de prendre en compte des parcours de grande dimension et hétérogènes, dont la valorisation fait appel à de véritables tactiques de pâturage (Meuret *et al* 1995).

4.5 / Utilisations de l'outil

La diffusion généralisée et l'utilisation en routine d'un tel outil ne paraît pas souhaitable, compte tenu de l'objectif initial de mise au point de systèmes novateurs, de la difficulté d'interprétation de certains résultats et de la nécessité d'avoir une connaissance fine des conditions de fonctionnement des troupeaux. L'utilisation envisagée est plutôt de type recherche, dans le cadre de collaborations entre économistes, zootechniciens, généticiens, mais également en association avec nos interlocuteurs du développement chargés de l'appui technique et des filières.

D'une façon classique, il peut s'agir de montrer l'incidence économique de facteurs n'influençant pas a priori le fonctionnement du troupeau : impact de la conjoncture, intérêt de certaines filières, incidence globale du prix de certains intrants et de leur efficacité.

Un second type d'application consiste à tester l'incidence économique de facteurs techniques, en prenant en compte leur impact sur le fonctionnement du système de reproduction (fertilité à contre-saison ; politiques de réforme différenciées...).

Cet outil de simulation peut, enfin, tirant partie de l'exceptionnelle adaptabilité de l'espèce ovine à divers modes de conduite et milieux, contribuer à mettre au point de nouveaux fonctionnements, cohérents, adaptés à l'évolution du contexte, optimisant les moyens de production des éleveurs en prenant en compte leurs intérêts et ceux de la filière et des consommateurs. Il n'en demeure pas moins qu'il faut conserver et continuer à rationaliser les grands schémas de productions classiques, adaptés à la plupart des élevages spécialisés de grande dimension sans contrainte ou atout spécifique.

Références

- Azzam S.M., Kinder J.E., Nielsen M.K., 1990. Modeling reproductive management systems for beef cattle. *Agricultural Systems*, 34, 103-122.
- Benoit M., Laignel G., Liénard G., 1994. Exploitations ovines en Massif Central Nord : évolution avant la réforme de la PAC (1987-1992) ; systèmes d'agnelages accélérés ou simplifiés, quels résultats économiques en attendre ? INRA LEE Theix et FIDAR, 35 p.
- Benoit M., Laignel G., Liénard G., 1995. En ovin viande, quel usage de trois techniques liées à la reproduction ? Œstrus induit, échographie, insémination artificielle. Enquête auprès de deux groupes d'éleveurs du Montmorillonnais et du Massif Central Nord. INRA LEE Theix, 30 p.
- Benoit M., Laignel G., Liénard G., 1997. Elevages ovins de races rustiques en Massif Central Nord (Rava, BMC, Limousine) - Résultats d'ensemble 1995 et évolution - Résultats par race pour les troupeaux et les exploitations - Eléments techniques et économiques. INRA LEE Theix (avec l'aide FIDAR et FEOGA), 38 p.
- Bocquier F., Thériez M., Brelurut A., 1987. Recommandations alimentaires pour les brebis en lactation. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70, 199-211.
- Bodin L., Elsen J.M., 1989. Variability of litter size of French sheep breeds following natural or induced ovulation. *Anim. Prod.*, 48, 535-541.
- Dobremez L., Véron F., 1997. Contribution à l'évaluation des mesures agri-environnementales : exemples de démarches. *Ingénieries - EAT*, n° 10, 3-15.
- Girard N., Lasseur J., 1997. Stratégies d'élevage et maîtrise de la répartition temporelle de la reproduction. Exemple des élevages ovins allaitants en montagne méditerranéenne. *Cahiers Agricultures*, 6, 115-124.
- INRAtion, 1988-1993. Logiciel de référence pour le calcul et l'analyse des rations destinées aux bovins, ovins et caprins. CNERTA diffusion, Dijon.
- Jalvingh A.W., Van Arendonk J.A.M., Dijkhuizen A.A., 1993. Dynamic probabilistic simulation of dairy herd management practices. Model description and outcome of different seasonal calving patterns. *Livest. Prod. Sci.*, 37, 107-131.
- Marzin J., Liénard G., 1984. Productivité en agneaux des troupeaux ovins. Réflexions sur le choix d'une méthode d'analyse. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 56, 69-90.
- Meuret M., Bellon S., Guérin G., Hanus G., 1995. Faire pâturer les parcours. *Renc. Rech. Ruminants*, 2, 27-36.
- Pâtre, 1996a. Rhône-Alpes : L'agneau de l'Adret. *Pâtre*, 438, 19-20.
- Pâtre, 1996b. Copagno : une politique multiproduits. *Pâtre*, 438, 21.
- Rieutort L., 1995. L'élevage ovin en France. In : *Espaces fragiles et dynamique des systèmes agricoles. CERAMAC 7, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand*, 511 p.
- Rouel J., Laignel G., Bony J., Thériez M., Liénard G., 1995. Dans une exploitation laitière, un troupeau ovin complémentaire. Mise au point d'un système de production en ferme expérimentale. *INRA Prod. Anim.*, 8, 341-352.
- Thériez M., Bocquier F., Brelurut A., 1987. Recommandations alimentaires pour les brebis à l'entretien et en gestation. *Bull. Techn. CRZV Theix, INRA*, 70, 185-197.
- Thériez M., Brelurut A., Pailleux J.Y., Benoit M., Liénard G., Louault F., De Montard F.X., 1997. Extensification en élevage ovin viande par agrandissement des surfaces fourragères. *INRA Prod. Anim.*, 10, 141-152.

Abstract

A tool for simulation of sheep flock functioning, with it's economic results : an help for adaptation to new contexts.

Sheep production for meat is today confronted to three main necessities : the market adaptation requires to have lambs sold regularly along the year, it is imperative to take into account the farmers work's organisation, breeders must be able to answer positively to proposals of agri-environmental contract. These preoccupations can call into question the flock functioning that is today often based, for the rustic breeds of the Massif Central, on an acceleration of lambings, through three periods in the year.

This paper presents a tool of simulation which goal is to propose easily new schemes of flock

reproduction functioning, coherent, adapted to these objectives. For a balanced situation on the long term this tool includes interactions of all the groups of females on which is based the flock functioning : replacement ewe lambs, empty and accelerated ewes, cull ewes.

This tool integrate an economic simulation that leads to the gross margin, with all it's analysis criterions. An illustration is given, in a precise context, presenting the way we are using this tool.

Benoit M., 1998. Un outil de simulation du fonctionnement du troupeau ovin allaitant et de ses résultats économiques : une aide pour l'adaptation à des contextes nouveaux. *INRA Prod. Anim.*, 11, 199-209.