

Comment simuler le fonctionnement d'un troupeau ovin viande ?

S. Cournut (1), B. Dédieu (2)

(1) ENITA Clermont-Fd 63370 Lempdes

(2) INRA SAD URH 63122 Saint Genes Champanelle

RÉSUMÉ – Dans l'objectif de comprendre comment la conduite de la reproduction joue sur la répartition du nombre d'agneaux nés par quinzaine calendaire, nous avons développé un simulateur expérimental de fonctionnement de troupeau ovin viande, avec la technique de modélisation à événements discrets, et sur la base des informations collectées sur le troupeau Limousin de Theix conduit en trois agnelages en deux ans de 74 à 82. Nous décrivons la façon dont nous formalisons le système troupeau, entité biologique construite et renouvelée par l'éleveur, avec les deux acteurs que sont les décisions humaines et l'animal. Les décisions sont caractérisées selon leur niveau : pilotage stratégique et opérationnel, et renvoient à l'organisation de la reproduction et du renouvellement de la composition du troupeau. L'animal joue un double rôle comme entité de production, mais également comme indicateur pour l'application des règles de conduite. Les phénomènes biologiques à analyser sont relatifs à la production (fertilité, date fécondation, nombre d'agneaux nés) et à la disparition involontaire. Le modèle s'appuie sur la reconstruction des trajectoires productives individuelles, enchaînement de performances et de participation à la conduite. Un exemple d'utilisation du simulateur est proposé, avec le test et l'analyse d'un changement de règle de réforme.

How to simulate the operation of a sheepmeat flock

S. Cournut (1), B. Dédieu (2)

(1) ENITA Clermont-Fd 63370 Lempdes

(2) INRA SAD URH 63122 Saint Genes Champanelle

SUMMARY – Dealing with the reproductive management impact on the distribution of lambs born every fortnight, we conceive a simulator of the operation of a flock, with discrete events technique, on the base of the INRA Limousin flock datas, under « three lambings per two years » reproductive management (1974 - 1982). We describe the flock system, as a bio-technical entity, which composition depend on the farmer's decisions. The two system's actors are detailed : 1) reproductive and replacement management decisions, analysed as strategic and operational decisions 2) the animal. The reproductive ewe is the elementary productive unit, but its production is also an indicator for management decisions. The studied biological phenomena deals with production (fertility, fecondation date, number of lambs born) and with involuntary culling + death. The model built individual « productive trajectory », which combine within batches course and production accumulation. To illustrate the functionality of the discrete events simulator, we test and analyse a change of a replacement rule.

INTRODUCTION

Les adaptations de conduite envisagées par les éleveurs ovins viande concernent très fréquemment l'organisation de la reproduction du troupeau, notamment pour ses conséquences sur la répartition des mise bas dans le temps. Celle-ci renvoie en effet à de plus en plus d'enjeux : périodes de pointes de travail, distribution des ventes, possibilité de valoriser les ressources herbagères et pastorales. Dans l'objectif de comprendre comment la conduite de la reproduction joue sur la répartition de la production d'un troupeau dans le temps, nous avons développé un simulateur expérimental visant à reproduire le fonctionnement d'un troupeau et sa production exprimée en nombre d'agneaux nés par quinzaine calendaire (1^{er}-14 janvier, etc.).

Ce simulateur rend compte des décisions de conduite de la reproduction et du renouvellement, et mobilise des données zootechniques individuelles relatives à la carrière productive. Il a été mis au point sur le troupeau de race Limousine de l'INRA Theix, conduit en trois agnelages en deux ans (3 en 2) entre 1974 et 1982. L'alimentation et la conduite sanitaire ont été considérées, selon l'avis des gestionnaires, comme non limitant des performances, celles-ci étant excellentes et régulières (productivité numérique oscillant entre 1,8 et 2 agneaux sevrés/brebis/an).

La mise au point d'un simulateur nécessite plusieurs étapes de travail. Le choix d'une technique de modélisation et la représentation finale du système nécessite de préciser ce que l'on entend par « fonctionnement de troupeau », ce que nous détaillons dans la première partie. Le modèle final utilisant la technique de simulation à événements discrets ne sera pas présenté ici : il nécessite d'explicitier les notions de base des simulations discrètes. Nous illustrerons l'intérêt de ce type de simulateur pour comprendre le fonctionnement d'un troupeau par l'analyse de l'effet de changement d'une règle de conduite.

La bibliographie fait état du développement important de modélisations de l'impact de choix de conduite sur les performances technico-économiques des troupeaux. Peu de références sont consacrées à l'espèce ovine à l'exception, en France, de Moulin (1994), Benoit (1998) et Bouche (2000). D'une façon générale, la formalisation des décisions de conduite (et notamment du renouvellement) est très variable, tout comme la représentation du troupeau (ensemble de catégories zootechniques, de lots ou d'individus).

NOTRE CARACTÉRISATION DU SYSTÈME TROUPEAU

Le troupeau est l'entité formée de l'ensemble des brebis mises à la reproduction, entité renouvelée et pilotée par l'éleveur, selon son projet d'élevage. Le système « troupeau » que nous étudions est ainsi composé de deux types d'acteurs qui donnent lieu conjointement à production et renouvellement du troupeau : 1) les brebis qui apparaissent, produisent, vieillissent et disparaissent, 2) les décisions humaines de pilotage stratégique et opérationnel.

LE PILOTAGE STRATÉGIQUE : FORME D'ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET DU RENOUVELLEMENT

Le projet d'élevage se définit par deux composantes : le projet de production (nombre, types d'agneaux, productivité des brebis, répartition de la production) et la politique d'effectifs (accroissement, stabilité, diminution). Il détermine l'organisation de la reproduction et du renouvellement.

→ L'organisation de la reproduction *configure et coordonne les cycles de production de lots* (CPL). Un CPL est défini comme l'agglomération de cycles de production de brebis autour d'une même session d'agnelage, organisée par l'éleveur au niveau d'un lot ou du troupeau. Un CPL débute avec une lutte et se termine lorsque toutes les brebis sont taries. La *configuration* d'un CPL recouvre d'une part le calage dans le calendrier de la session de lutte (dates, durée) et de la fin des tarissements, et d'autre part la détermination de la composition du lot à la lutte. Les *coordinations* entre CPL ont deux fonctions : 1) organiser l'enchaînement de deux CPL successifs d'un même lot. Par exemple la date de fin de tarissement est

fixée en fonction de la date de début de lutte suivante (pour préserver un temps minimum de repos et poser les éponges sur des brebis sèches), 2) organiser le passage de brebis d'un lot à l'autre ; par ex. en 3 en 2, pour limiter la durée de la période improductive de brebis ayant ratée une lutte, en les inscrivant dans le CPL suivant qui concerne l'autre lot.

→ L'organisation du renouvellement de la composition du troupeau est formalisée du point de vue quantitatif et qualitatif. La *gestion de la dynamique d'effectifs* met en jeu quatre éléments : l'origine des femelles introduites dans le troupeau (achat/auto-renouvellement), l'entité élémentaire de gestion des entrées/sorties (le troupeau ou chaque lot comme à Theix), le moment de recrutement (par ex. à chaque session d'agnelage, ou à une seule) et enfin la façon de déterminer le nombre d'agnelles recrutées et de réformes volontaires. Le *choix des individus à recruter et à réformer* mobilise les critères de sélection des agnelles, la liste des affections rédhibitoires entraînant la réforme involontaire, et les règles d'élimination volontaires pour aptitudes insuffisantes ou déclinantes à la production. Celles-ci sont appliquées de façon systématique (par ex. âge butoir et infertilité successive) ou de façon optionnelle, s'il manque quelques brebis pour compléter le nombre de réformes.

→ Le renouvellement en agnelles et la réforme volontaire sont étroitement liés entre eux, et coordonnés à la conduite de la reproduction. Nous considérons qu'ils se réalisent à la même date : à la fin de tarissement du lot, lors d'une session dite de renouvellement-réforme. La réforme volontaire s'appuie sur des informations de production qui sont alors accessibles. Le recrutement des agnelles est consécutif à une session d'agnelages et nous considérons qu'il incrémente un « stock d'agnelles » virtuel, d'où elles seront prélevées, à l'âge requis, pour participer à une lutte principale.

LE PILOTAGE OPÉRATIONNEL

L'organisation de la conduite étant précisée, la mise en œuvre concrète repose sur la définition et la planification des activités de pilotage et l'identification des procédures d'ajustements en cas d'évolution non souhaitée de la composition et des performances du troupeau. Neuf activités ont été formalisées (synchronisations par traitement hormonal ; introduction et retrait des béliers ; tarissements ; changements de lot ; recrutement des agnelles ; intégration des agnelles dans le troupeau ; réformes volontaires ; réformes involontaires). Ces activités mettent en œuvre des règles qui mobilisent des indicateurs relatifs à l'histoire productive des brebis ou aux performances et à la composition du troupeau. La planification consiste à ordonner et à préciser les dates d'occurrence de ces activités à l'échelle de la campagne. Les procédures d'ajustement concernent les adaptations de la planification et/ou du contenu des activités.

L'ANIMAL

L'animal participe comme unité élémentaire à la construction des performances et à l'évolution de la composition du troupeau. Il est doué d'un comportement biologique propre que nous caractérisons par quatre composants : 1) la fertilité à la lutte, 2) la date de fécondation (qui détermine la date de mise bas), 3) le nombre d'agneaux vivants à chaque mise bas, 4) la faculté de ne pas disparaître pour cause pathologique ou par mortalité. Les phénomènes qui leur correspondent sont sous la dépendance de combinaisons de facteurs connus (âge, saison de reproduction...), mais également, de l'histoire productive de chaque animal (parité, intervalle dernière mise bas – lutte, production cumulée sur la carrière, ...). L'effet propre de l'alimentation et de la conduite sanitaire n'ont pas été ici analysés. Ils font intervenir une part d'aléatoire, que nous prenons en compte en étudiant selon des modèles statistiques appropriés la distribution des réponses biologiques plutôt qu'en estimant les réponses moyennes. La conduite et le comportement biologique de l'animal construisent au cours du temps les trajectoires productives des brebis. Ces trajectoires sont très diverses notamment dans le 3 en 2 : une cohorte d'agnelles introduites à une même période dans le troupeau génère pas

moins de 11 trajectoires différentes en seulement deux ans. Cette diversité constitue une caractéristique intrinsèque au système troupeau. Ainsi, le modèle identifie autant « d'objets » animaux que de brebis, et construit pour chacun une trajectoire productive, dont le contenu sera mobilisé d'une part pour l'application de règles de conduite et d'autre part pour l'estimation de sa production future.

LE SIMULATEUR EXPERIMENTAL

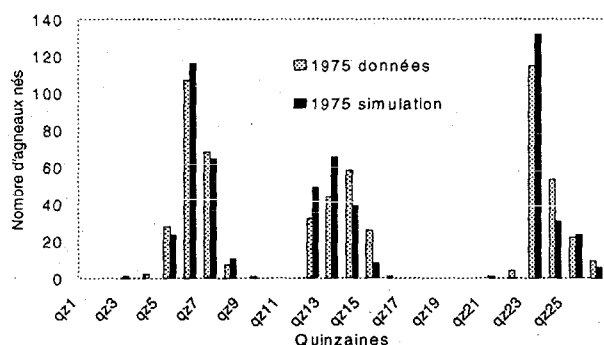
VALIDATION SUR LES DONNÉES DE L'INRA THEIX

Les données de l'INRA Theix sont de deux types : 1) les informations zootechniques « brebis » stockées dans la base « Gestion Ovins » : date de naissance, date et cause de disparition, événements de production (mise bas ou avortement, nombre d'agneaux nés, mortalité périnatale).

2) Les écrits et témoignages des gestionnaires et agents en charge du troupeau à l'époque du 3 en 2. La conduite de la reproduction en 3 en 2 (figure 1) est basée sur la gestion de deux lots avec transfert des brebis vides d'un lot à l'autre. Les brebis présentant des affections rédhibitoires (agalaxie, mammites...) sont éliminées systématiquement. La réforme volontaire s'appuie sur deux critères : l'âge (butoir : huit ans) et la succession d'épisodes d'infertilité (valeur seuil : trois). Le recrutement des agnelles s'effectue après chaque session d'agnelages pour une mise en lutte à un an. La plupart du temps, le nombre d'agnelles compense les disparitions résultant de la mortalité et des réformes dans le lot.

Le simulateur permet de reproduire la répartition réellement observée des mise bas et du nombre d'agneaux nés par quinzaine année par année (figure 2), tout en respectant les indicateurs de fonctionnement observés sur le système réel : effectif et structure démographique du troupeau, effectifs et composition à chaque lutte des lots, diversité des trajectoires productives, nombre d'entrées et de sorties.

Figure 2
Comparaison performances simulées et performances réelles (année 1975)

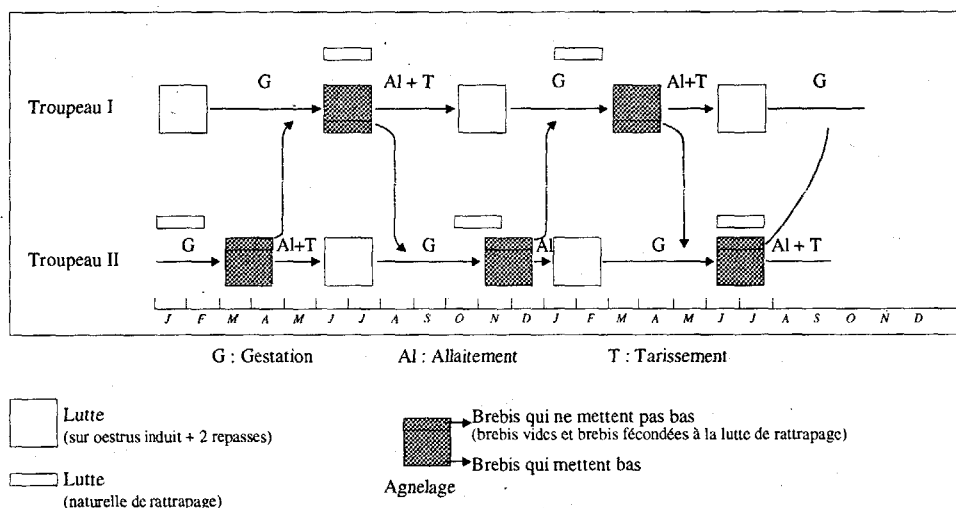


CHANGEMENT DE RÈGLES ET ÉVOLUTION DU FONCTIONNEMENT

Le simulateur permet de tester l'impact de changements de règles de conduite sur les performances et d'expliquer comment se construisent les nouvelles performances observées. Nous prenons comme exemple la sévérité des réformes volontaires en comparant l'effet sur le fonctionnement du troupeau de deux valeurs seuil (VS) de réforme pour infertilité successive : 3 (comme pour le troupeau de Theix) ou 2 sessions de luttés ratées à la suite. Le reste de la conduite est conforme au 3 agnelages en 2 ans de Theix. L'état initial correspond à un troupeau fictif de 573 brebis de structure stable. Le simulateur tourne sur 15 années. Les résultats présentés concernent la moyenne de 15 répliques pour chaque cas de figure. La campagne est fixée du 1^{er} janvier au 31 décembre.

Les performances annuelles (nombre de mise bas et nombre d'agneaux nés) sont très proches : en moyenne 614 mise bas et 996 agneaux nés vivants par an pour VS 2 contre 630 et 1030 pour VS 3, confirmant le caractère auto-régulé du 3 en 2 en conditions d'alimentation non limitante. Le troupeau est rajeuni pour VS 2 (4,6 ans en moyenne contre 5 ans pour VS 3) du fait du taux de renouvellement plus important (18 % contre 15 %). Cette différence d'âge n'a pas d'influence nette sur le taux de mise bas (122 %) ni sur la prolificité moyenne (163 %). L'analyse de la façon dont se construisent les performances au cours d'une campagne annuelle, s'appuie sur les indicateurs de fonctionnement fournis par le simulateur. Le léger écart de performance observé provient essentiellement de la période d'agnelage de mars (respectivement 246 mise bas pour VS 2 contre 256 pour VS 3). Les indicateurs à considérer concernent ainsi le cycle de production de lot initié par la lutte d'automne : 1) effectif des brebis concernées par la lutte (synchronisées ou non), 2) composition de ce groupe d'individus, 4) devenir des brebis luttées. Seuls deux s'avèrent différents : a) la proportion d'agnelles dans le lot de lutte est plus importante dans le cas de VS 2 ; b) le nombre de brebis luttées à l'automne et réformées avant l'agnelage de mars est également supérieur pour VS 2. La légèrement moindre fertilité des premières et la disparition des deuxièmes avant l'agnelage expliquent ainsi la différence du nombre de mise bas en mars. Ces brebis réformées ont une caractéristique commune : elles n'ont pas été synchronisées lors de la lutte d'automne et ont déjà connus un enchaînement de deux épisodes successifs d'infertilité, lequel est le plus fréquent dans la conduite du 3 en 2 de Theix : lutte synchronisée et ratée de janvier (lot I), lutte non synchronisée et ratée de juin (contre saison), accompagné d'un changement de lot (cf. figure 1). Le deuxième échec est pris en compte lors de la session de renouvellement-réforme du lot II (décembre), et donne ainsi lieu pour VS 2, à des éliminations qui seront compensées par des recrutements d'agnelles mises à la lutte à l'automne suivant. Dans le cas du

Figure 1
La conduite en 3 agnelages en 2 ans à l'INRA Theix (Marzin et Brelurut 1979)



VS 3, ces brebis sont changées de lot et mettent bas en mars (saison sexuelle favorable).

CONCLUSION

Ce simulateur constitue un exemple d'articulation entre une formalisation des décisions d'éleveurs et des données biologiques visant à comprendre de façon fine comment se construisent les performances d'un troupeau. Sa validation dans d'autres situations (3 en 2 avec un autre type génétique ; autre conduite de la reproduction) est possible, y compris avec des paramètres zootechniques simples (par ex. fertilité

moyenne dans une région pour une saison de reproduction donnée). Sa souplesse permet d'envisager d'introduire 1) d'autres volets de la conduite (alimentation), 2) d'autres composantes de la performance globale (devenir des agneaux). Il constitue une base pour la mise en forme d'outils d'aide à la décision.

Benoit M. 1998. INRA Prod. Anim. 11(3)349-362

Bouche R. 2000. Actes Symp. LFS. Posieux.

Cournut S. 2000. Thèse Univ. Lyon II. A paraître.

Marzin M., Brelurut A. 1979, Bull. CRZV Theix, 37,15-23

Moulin CH. 1993. Et. Rec. Syst. Agr. Dev.,27,73-94