

Utilisation de la modélisation pour évaluer la sensibilité aux aléas techniques et économique de deux projets d'élevage expérimentaux

TOURNADRE H. (1), SIRBEN E. (2), BENOIT M. (1)

(1) INRA, UR1213 - Unité de recherches sur les herbivores – Theix - 63122 Saint Genès Champanelle - France

(2) AgroParisTech, 16 rue Claude Bernard – 75231 Paris Cedex 05

RESUME - L'activité d'élevage est soumise de façon accrue à des aléas, qu'ils soient d'ordre climatique (avec des impacts sur les performances techniques), sanitaire ou économique (volatilité des prix des matières premières) en particulier dans les systèmes où les moyens pour agir sur le milieu sont limités par un cahier des charges (fertilisation chimique, traitements hormonaux, recours aux antibiotiques par exemple). Face aux aléas, nous faisons l'hypothèse que le nombre annuel de périodes de reproduction pourrait être une source de sécurisation des performances par l'étalement des besoins des animaux et le fractionnement de la production induits et en offrant aux brebis une gamme très large de trajectoires productives. Nous projetons de tester ce type de conduite en expérimentation-système dans deux projets d'élevage en production ovine allaitante: un projet à deux périodes (2P) et un en comportant quatre (4P). Au préalable, nous avons utilisé la modélisation pour tester la sensibilité de ces deux projets à différents scénarios d'aléas. Le modèle utilisé ne permettant pas de reproduire une conduite à quatre périodes, le projet 4P a été représenté par deux sous-projets selon deux modalités : soit deux périodes au printemps et une à l'automne (ppA), soit une période au printemps et deux à l'automne (Paa). Un premier scénario d'aléa a concerné l'impact d'une chute de fertilité de 30 % à la lutte de printemps en 2P et Paa. Nous avons ensuite simulé en 2P et ppA les effets d'aléas sur la marge brute par brebis en faisant varier quatre facteurs : le prix de vente du kg de carcasse d'agneau, la prolificité, la mortalité des agneaux et le prix des céréales achetées. La variabilité de la marge brute par brebis en ppA est significativement inférieure à celle du projet 2P pour des aléas portant sur la prolificité, la mortalité et le prix du kg de carcasse. Inversement, le projet ppA est plus sensible que 2P à un aléa portant sur le prix des céréales car il en est plus consommateur. Cependant, dans le scénario où les quatre facteurs précédents varient simultanément, le résultat économique est aussi plus variable en 2P qu'en ppA. Nous discutons les résultats issus des simulations au regard du modèle utilisé et de leur portée sur l'expérimentation envisagée.

Using modelling to assess the sensitivity to technical and economical fluctuations of two experimental sheep farming projects

TOURNADRE H. (1), SIRBEN E. (2), BENOIT M. (1)

(1) INRA, UR1213 - Unité de Recherches sur les Herbivores – Theix - 63122 Saint Genès Champanelle - France

SUMMARY

Breeding activity is subject to many hazards, pertaining to the climate (with impacts on technical performances), health or economy (volatility of input prices), particularly in systems where the means to act on the environment are limited by a specification (chemical fertilisation, hormone therapy, use of antibiotics for example). Considering these hazards, we made the hypothesis that the annual number of mating periods could help to secure performances by spreading animal food requirements, splitting sales and giving ewes a large range of paths to reproduce. We project to testing this type of breeding in a long-term experience for two meat sheep breeding projects: one with 2 mating periods (2P) and one with 4 mating periods. Before this experimentation, we used modelling to assess the sensitivity of these two projects to different scenarios of fluctuations. Since our model cannot perform four mating periods, the 4P project was represented by two sub-projects with two methods: either two mating periods in the spring and one in the autumn (ppA) or one period in the spring and two in the autumn (Paa). The first scenario concerned the impact of a 30% fall of fertility at the spring mating in 2P and Paa. Next we simulated in 2P and ppA the effects of hazards on gross margin per ewe by varying four factors: the selling price per kg of lamb carcass, prolificacy, mortality of lambs and the price of cereals purchased. The variability in gross margin per ewe in ppA is significantly lower than in 2P for fluctuations applied on prolificacy, lamb mortality and price per kg of carcass. Conversely, the ppA project is more sensitive than the 2P to fluctuations of the price of wheat because it is more consuming. However, in the scenario where the four previous factors vary simultaneously, the economic result is also more variable in 2P than in ppA. We discuss the results of these simulations with regards to the model used and their impact on the long-term experimental project.

INTRODUCTION

En élevage ovin français la marge brute par brebis, principal facteur du revenu, est corrélée positivement à la productivité numérique (Benoit *et al.*, 1999). Cependant, en élevage biologique, elle dépend plus fortement qu'en conventionnel de la maîtrise des charges d'alimentation (Benoit et Laignel, 2009). Pour les réduire, les élevages biologiques ont intérêt à développer des systèmes leur permettant d'atteindre une forte autonomie fourragère, en particulier par une valorisation prépondérante de l'herbe (Benoit *et al.*, 2009). Cet objectif peut être atteint en faisant coïncider les stades de forts besoins alimentaires du troupeau et le cycle de l'herbe (Thériez *et al.*, 1994). Cette conduite tend alors à concentrer la reproduction sur une ou deux périodes par an. Or, une telle concentration conduit à

une offre de produits sur une durée limitée peu compatible avec les attentes de la filière, mais surtout la synchronisation des besoins au sein d'un troupeau est une conduite risquée lorsque la maîtrise des facteurs d'élevage est limitée (Blanc, 2004), par exemple par un cahier des charges. Cela conduit ainsi à une sensibilité accrue du système aux aléas, qu'ils soient d'ordre technique, sanitaire, climatique ou économique. Au contraire, une segmentation plus importante des périodes de reproduction pourrait réduire la sensibilité du système vis-à-vis des aléas. Ainsi, pour des projets d'élevage visant un haut niveau de productivité, le nombre annuel de sessions de lutte peut être une source de flexibilité de la conduite pour garantir le niveau de performance escompté (Tichit *et al.*, 2008). Avant de tester cette hypothèse par expérimentation

système, nous avons évalué par modélisation la sensibilité aux aléas de deux systèmes visant une autonomie fourragère élevée mais différant par le nombre de périodes de reproduction.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. LES PROJETS D'ELEVAGE

Nous avons conçu deux projets d'élevage dans un contexte pédoclimatique de moyenne montagne (750 m d'altitude, 700 mm de pluviométrie annuelle) et de production biologique. La race de brebis considérée est la Limousine. Dans les deux projets, le rythme de reproduction est d'un agnelage par an et par brebis. Le premier projet (2P) comporte deux sessions de reproduction (novembre et avril) pour des agnelages (respectivement en avril et septembre) calés sur la croissance habituelle de l'herbe de façon à satisfaire les besoins de fin de gestation et d'allaitement sans apport de concentré. Les agneaux nés en avril sont engraisés à l'herbe. Ceux nés en septembre sont finis en bergerie. Le second projet (4P) est organisé en quatre sessions de reproduction dont deux sont communes à 2P (figures 1a et 1b). Les deux autres ont lieu en septembre (agnelages en février avec fin de gestation et début de lactation en bergerie et finition des agneaux à l'herbe) et juin (agnelages en novembre avec fin de gestation, lactation et finition des agneaux en bergerie).

L'objectif de 2P est de maximiser l'autonomie fourragère en privilégiant l'herbe pâturée. Le 4P vise à associer une autonomie fourragère élevée tout en sécurisant les performances par le doublement des sessions d'agnelage. Notre hypothèse est que le 4P devrait conduire à des résultats techniques et économiques plus réguliers qu'en 2P par sa capacité à atténuer les effets d'aléas portant sur les performances de reproduction (fertilité, prolificité et mortalité) ou sur des variations de conjoncture économique (prix de vente des agneaux, prix d'achat des concentrés).

1.2. MODELE UTILISE ET PARAMETRAGE

1.2.1. Ostral

Ostral est un outil de simulation du fonctionnement technique et économique de troupeaux ovins développé sous le tableur Excel de Microsoft (Benoit, 1998). Il est conçu en deux modules étroitement intégrés. Le premier concerne la conduite du troupeau qui 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. Elaboré pour une conduite en trois agnelages en deux ans, il permet aussi de simuler des conduites sans accélération comportant de une à trois sessions d'agnelages annuelles. Le second module, économique, permet de calculer l'ensemble des critères technico-économiques de l'atelier, dont la marge brute par brebis.

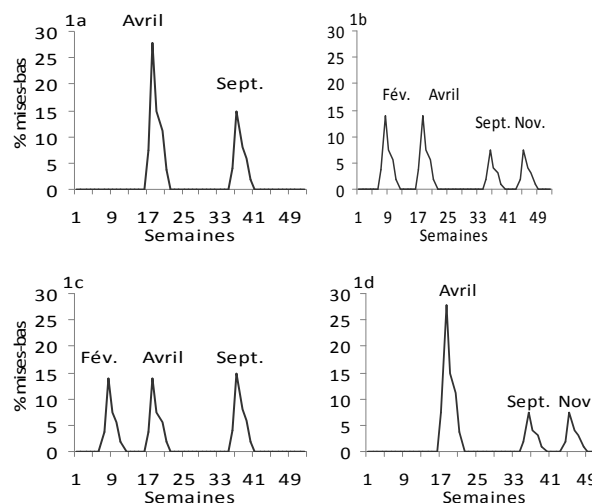
1.2.2. Paramétrage du modèle pour les projets d'élevage

Ostral ne permettant pas de simuler quatre sessions d'agnelages, nous avons représenté le 4P par deux sous projets à trois sessions d'agnelages. Le premier comporte les deux sessions de printemps de 4P et une à l'automne : ppA. Le second comporte une session au printemps et les deux sessions d'automne de 4P : Paa (figure 1c et 1d).

Le paramétrage du modèle pour chacun des deux sous projets a été réalisé de telle sorte que ceux-ci présentent, pour quatre critères majeurs du fonctionnement du troupeau (fertilité, prolificité, nombre et répartition des agnelages),

des valeurs différant de moins de 1 % à l'échelle de la saison (printemps et automne) et de l'année (tableau 1).

Figure 1 : calendrier des agnelages pour les projets 2P (a), 4P (b) et les sous projets ppA (c) et Paa (d)



Les valeurs de l'ensemble des paramètres d'entrée du modèle pour les trois projets (critères de reproduction, consommation de concentrés, poids des agneaux, ...) sont issues des performances observées sur huit ans d'un troupeau expérimental biologique de l'UR herbivores de l'Inra de Theix. Les prix des concentrés et de vente des produits animaux correspondent à la conjoncture 2007.

1.2.3. Simulations effectuées et critères d'analyses

Afin d'évaluer la sensibilité aux aléas des trois projets, nous avons testé six scénarios.

Le premier porte sur une fertilité lors des luttes de printemps (période de variabilité importante de la fertilité pour la race considérée ; Tournadre *et al.*, 2009) inférieure de 30 % à la valeur initiale des projets 2P et Paa pour lequel la baisse de fertilité peut être appliquée distinctement à la lutte d'avril ou à la lutte de juin. Comme la fertilité impacte la répartition saisonnière des mises bas, nous étudions la capacité des projets à retrouver leur répartition annuelle initiale en utilisant les possibilités de flux d'animaux entre sessions (période de conservation des agnelles, recyclage des brebis vides, accélération). Nous avons ainsi déterminé la durée nécessaire pour revenir à la répartition initiale des agnelages selon la répartition saisonnière des mises bas (50 % au printemps et à l'automne vs. 65 % au printemps et 35 % à l'automne) et le niveau de fertilité initial (75% vs. 90 %). Aucune approche économique n'a été faite pour ce scénario.

Quatre autres scénarios font varier un à un autour de leur valeur initiale, le niveau de la prolificité, de la mortalité des agneaux, du prix de vente du kg de carcasse d'agneau ou du prix des concentrés. Un sixième scénario, «multi-facteurs», consiste en une variation simultanée des quatre facteurs précédents. Les variations des valeurs d'un facteur sont issues de l'application d'un coefficient tiré aléatoirement de façon équiprobable entre des bornes minimale et maximale définies dans des plages de variation possibles. Celles-ci sont de ± 20 % pour le prix des concentrés, ± 15 % pour la prolificité et le prix de vente du kg de carcasse et de ± 50 % pour la mortalité des agneaux. A chaque tirage d'un coefficient correspond une itération du modèle. Les cinq derniers scénarios n'ont été testés que pour les systèmes 2P et ppA avec une répartition des mises bas de 65 % au printemps et 35 % à l'automne bien adapté à une

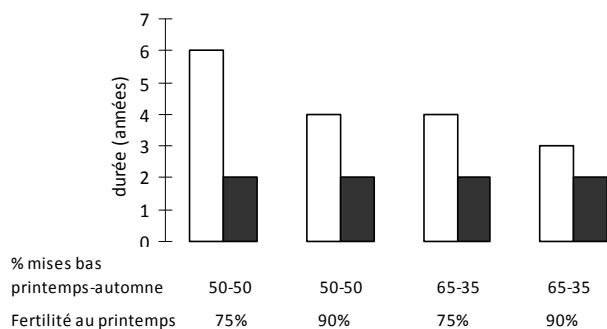
valorisation importante de l'herbe par le pâturage (Pottier *et al.*, 2009). La fertilité globale en lutte de printemps placée à près de 90 %, niveau maximum observé avec la Limousine en AB (Benoît *et al.*, 2009). La variation de prix des concentrés est toujours annuelle. Lorsque les facteurs prolificité, mortalité et prix des agneaux sont étudiés séparément, leur variation est appliquée uniquement pour les sessions de mises-bas de printemps. Lors du sixième scénario, la variation de ces trois facteurs est appliquée simultanément à toutes les sessions annuelles de mises-bas. Les critères retenus pour l'analyse des résultats des cinq derniers scénarios sont la marge brute par brebis pour tous les scénarios, le produit par brebis et la valorisation moyenne annuelle du kg de carcasse d'agneau pour le scénario prix de vente des agneaux, la marge brute globale hors aide de l'exploitation pour le scénario multi-facteurs de façon à s'affranchir des cessions internes de céréales. La sensibilité des deux systèmes est analysée par le test de Leven d'homogénéité des variances pour chaque critère d'analyse.

2. RESULTATS

2.1. IMPACT D'UNE BAISSSE DE FERTILITE LORS DES LUTTES DE PRINTEMPS EN 2P ET Paa

Lorsque la fertilité au printemps diminue de 30 %, le système 2P nécessite entre trois et six années pour revenir à la répartition initiale des mises-bas contre seulement deux ans pour le système Paa (figure 2). Ceci est permis par une meilleure fertilité saisonnière grâce à la remise en reproduction des brebis vides plus rapide en Paa qu'en 2P. Pour ce projet, la durée de retour à la répartition initiale des mises-bas est d'autant plus longue que les agnelages sont équilibrés entre saison et que la fertilité initiale au printemps est plus faible.

Figure 2 : durée de retour à la répartition initiale des mise-bas en 2P (□) et Paa (■) après une chute de fertilité à la lutte de printemps



2.2. PERFORMANCES ECONOMIQUES INITIALES DES PROJETS 2P ET ppA

Les deux projets ont été élaborés pour un même nombre de brebis éligibles à la prime à la brebis et un même chargement par ha de SFP. Ce choix conduit à des différences entre les projets pour l'effectif de brebis de plus de douze mois (tableau 1) et, par conséquent, pour les surfaces de SFP (24,5 ha en 2P vs. 26,1 en ppA) et de culture (1,0 ha vs. 1,4 ha).

La marge brute globale de l'atelier ovin est de 7871 € en 2P et de 7158 € en ppA. Les différences sont principalement dues à des charges d'alimentation plus faibles en 2P qu'en ppA (2041 € vs. 2702 €) en raison d'un recours moindre aux concentrés pour le couple mère-agneaux (56 kg / an en 2P vs. 70 kg / an en ppA), principalement pour les brebis seules (9 kg / an en 2P vs. 21 kg en ppA), conformément aux objectifs poursuivis. Les différences entre projets sont

moindres pour la marge brute globale hors aides (6879 € en 2P et 6403 € en ppA) car les subventions perçues sont plus élevées en ppA. Exprimés par brebis de plus de douze mois, les écarts relatifs de produit et de marge brute entre projets s'accroissent en raison des différences d'effectifs. Ainsi, le produit par brebis atteint 110,9 € en 2P et 104,3 € en ppA tandis que la marge brute par brebis est de 73,3 € en 2P et 62,5 € en ppA. En revanche, la valorisation moyenne annuelle du kg de carcasse est identique entre les deux projets (5,1 €).

2.3. SENSIBILITE DES PROJETS 2P ET ppA AUX VARIATIONS DE PROLIFICITE, DE MORTALITE, DE PRIX DES AGNEAUX ET DES CONCENTRES

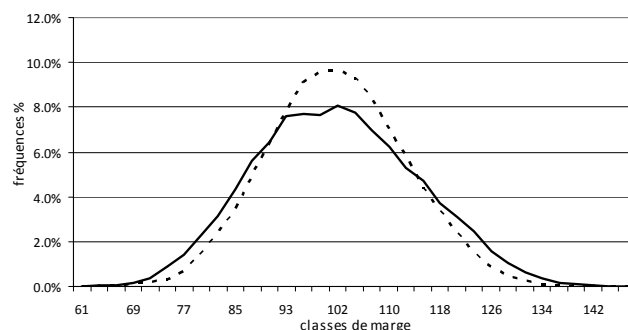
La variabilité de la marge brute par brebis est significativement plus importante en 2P lorsque l'on fait varier un à un les facteurs de mortalité, prolificité ou du prix de vente du kg de carcasse d'agneau (tableau 2).

Tableau 2 : moyenne et écart type des critères étudiés pour les projets 2P et ppA selon chaque scénario et seuil de signification du test d'homogénéité des variances pour cent itérations. En gras, projet présentant la plus forte variabilité.

Scénario	Critère étudié	2P	ppA	P
Prix céréales	Marge/brebis	73,2 ± 2,1	62,5 ± 2,9	0,001
Mortalité	Marge/brebis	73,5 ± 2,4	62,5 ± 1,4	0,001
Prolificité	Marge/brebis	73,1 ± 3,6	62,2 ± 2,4	0,001
Prix kg agneau	Marge/brebis	74,0 ± 5,7	62,4 ± 3,8	0,001
	Produit/brebis	111,7 ± 5,8	104,2 ± 3,8	0,001
	Valorisation du kg (€/kg)	5,1 ± 0,3	5,1 ± 0,2	0,001
Multi-facteurs	Marge/brebis	72,9 ± 8,3	62,1 ± 5,1	0,001
	Marge brute globale hors aides	6837 ± 885	6357 ± 553	0,001

Pour ce dernier facteur de variation, le produit par brebis et la valorisation moyenne annuelle du kg de carcasse sont également plus variables en 2P. A l'inverse, la variabilité de la marge brute par brebis de plus de douze mois est plus grande en ppA qu'en 2P lorsque c'est le prix des concentrés qui varie.

Figure 3 : distribution des classes de marge brute globale hors aide de l'exploitation (données centrées sur la moyenne) en 2P (→) et ppA (--) pour le scénario multi-facteurs



Dans les plages de variation retenues pour les différents facteurs, c'est le facteur prix du kg de carcasse qui a le plus fort impact sur la variabilité de la marge brute par brebis pour les deux systèmes étudiés. Le deuxième facteur ayant un fort impact est la prolificité pour le système 2P et le prix des céréales pour le système ppA. Dans le scénario multi-facteurs, la marge brute par brebis est aussi plus variable en 2P qu'en ppA, de même que la marge brute globale de l'exploitation (figure 3).

3. DISCUSSION

Les simulations effectuées valident notre hypothèse d'une moindre sensibilité à quelques aléas des résultats techniques et économiques d'une conduite qui augmente le nombre de périodes de reproduction. En effet, les périodes supplémentaires ont un effet régulateur sur les résultats par quatre mécanismes. Le premier est lié aux effectifs d'animaux concernés : en scindant le troupeau en plusieurs lots, les conséquences d'un aléa affectent une moindre proportion d'animaux. Le deuxième porte sur les possibilités de recyclage plus rapide des brebis vides. Le troisième tient au fait qu'il est peu probable qu'un aléa survienne de la même façon (favorable ou défavorable) à deux périodes successives de reproduction ou d'agnelage : des performances médiocres à une période sont compensées par des performances normales ou meilleures à une autre période. Enfin, un plus grand fractionnement des ventes d'agneaux au cours de l'année réduit la variabilité du prix de vente moyen annuel du kg de carcasse qui est le facteur majeur de variation de la marge brute par brebis. Par ailleurs, les écarts de variabilité des résultats économiques entre les projets pourraient être encore accentués si l'on faisait varier aussi les performances de fertilité (notamment au printemps), ce que nous n'avons pas encore réalisé. Nous montrons cependant l'intérêt du nombre de sessions de lutte sur la fertilité qui permet de maintenir plus facilement en Paa une répartition annuelle stable des agnelages. Ces différents éléments reflètent la plus grande flexibilité de ces conduites, comme l'observent Tichit *et al.* (2008).

Toutefois, compte tenu du mode de tirage équiprobable du coefficient, nos simulations maximisent la variabilité des résultats. Les résultats présentés illustrent donc les fluctuations potentielles des deux projets. En réalité, les variations des facteurs étudiés devraient suivre une loi de distribution normale : dans cette situation, les différences de variabilités entre projets seraient donc moindres.

Notre modèle ne nous permet pas de tester réellement une conduite à quatre périodes de mises bas : les simulations présentées ne portent en effet que sur la réponse de projets comportant trois périodes d'agnelage. Nos résultats ne donnent donc qu'une tendance de la moindre sensibilité d'une conduite à quatre périodes. Néanmoins, à partir de ces résultats, nous pouvons faire l'hypothèse que les différences de variances seraient accrues entre 2P et 4P.

Notre étude ne comporte que des simulations d'aléas techniques ou économiques. Pour des systèmes visant une autonomie fourragère maximum, il serait particulièrement intéressant de simuler des aléas de production fourragère pour tenir compte aussi des sources de flexibilité offertes par l'organisation du système fourrager (Andrieu *et al.*, 2008), ce que ne permet pas le modèle. Nous aurions cependant pu tenter d'avoir une telle approche en faisant varier les achats de concentrés et de fourrages à partir des références acquises depuis vingt ans dans les différentes

expériences systèmes conduites à l'URH. Toutefois, cette méthode ne traduirait qu'une partie de la réponse des projets car elle ne tiendrait pas compte des ajustements de conduite qui peuvent être mis en œuvre face à des variations de la disponibilité fourragère (gestion du pâturage, politique de sevrage, choix de récoltes, mobilisation des réserves corporelles, etc.) et de leurs interactions avec les réponses physiologiques (croissance compensatrice, fertilité, prolificité, infestation parasitaire par exemple).

CONCLUSION

Le projet 2P apparaît, en l'absence d'aléas et pour la conjoncture 2007, économiquement plus performant que le projet ppA. En revanche, les résultats techniques et économiques du projet ppA sont globalement moins variables face aux aléas étudiés bien qu'il soit plus dépendant des concentrés achetés. Cependant, l'avantage économique dégagé par 2P est principalement lié à une consommation plus faible de concentrés par les brebis obtenue par la maximisation de leur pâturage. Or nous ne disposons pas de références sur les conséquences de cette conduite sur la quantité consommée par les agneaux, en particulier pour ceux élevés à l'herbe : elle pourrait être plus élevée que celle que nous avons paramétrée dans le modèle et minorer ainsi l'avantage de 2P. Enfin, une question importante qui émerge de ce travail est de savoir si la sécurisation vis-à-vis des aléas apportée par des périodes de reproduction supplémentaires est acceptable économiquement et socialement notamment sur les aspects de complexité de conduite (charge mentale) et de travail (durée). L'expérimentation système que nous envisageons devra apporter des éléments de réponses à ces incertitudes.

Andrieu, N., Coléno, F., Duru, M., 2008. L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Dedieu, Chia, Leclerc, Moulin, Tichit, éditeurs. Ed. Quae. 95-110

Benoit, M., 1998. Inra Prod. Anim., 11(3), 199-209

Benoit, M., Laignel, G., Liénard, G., 1999. Renc. Rech. Ruminants, 6, 19-22

Benoit, M., Tournadre, H., Dulphy, J.P., Laignel, G., Prache, S., Cabaret, J., 2009. Animal, 3:5, 753-763

Benoit, M., Laignel, G., 2009. Inra Prod. Anim., 22 (3), 197-206

Blanc, F., Bocquier, F., Debus, N., Agabriel, J., D'Hour, P., Chilliard, Y., 2004. Inra Prod. Anim., 17 (4), 287-302

Laignel, G., Benoit, M., 2004. Inra Prod. Anim., 17 (2), 133-143

Pottier, E., Tournadre, H., Benoit, M., Prache, S., 2009. Fourrages, soumis

Tichit, M., Ingrand, S., Moulin, C.H., Cournut, S., Lasseur, J., Dedieu, B., 2008. L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Dedieu, Chia, Leclerc, Moulin, Tichit, éditeurs. Ed. Quae. 119-133

Theriez M., Petit M., Martin-Rosset W., 1994. Ann. Zootech, 43, 33-47.

Tournadre, H., Pellicer, M.T., Bocquier, F., 2009. Innovations Agronomiques 4, 85-90

Tableau 1 : valeurs utilisées pour le paramétrage initial des projets d'élevage 2P, ppA et Paa et conséquences sur les effectifs

Projets d'élevage	2P			ppA			Paa		
	Printemps	Automne	Annuel	Printemps	Automne	Annuel	Printemps	Automne	Annuel
Session d'agnelage									
Fertilité globale saisonnière	98,48	89,47	94,13	98,48	89,47	95,12	98,48	89,47	94,26
Prolificité	179,80	132,29	163,17	179,79	132,29	163,16	179,76	132,34	163,16
Agnelages (% annuel)	65,00	35,00	100	64,98	35,02	100	64,99	35,01	100
Nombre d'agneaux produits	112	44	156	113	44	157	112	45	157
Effectif brebis +12 mois			107			114			110
Effectif brebis primables			115			115			115