

Aptitude des brebis laitières de race Lacaune à la conduite en monotraite:

Premiers éléments zootechniques et physiologiques

VANBERGUE E. (1), BARILLET F. (2), ALLAIN C. (2), AUTRAN P. (3), AUREL M.R. (3), DUVALLOO O. (3), PORTES D. (3), DESSAUGE F. (1), BOUTINAUD M. (1), DZIDIC A. (4), MARNET P.G. (1)

(1) UMR 1348, AGROCAMPUS OUEST- INRA PEGASE, Domaine de la Prise, 35590 Saint Gilles, France

(2) INRA, UR631 SAGA, 31326 Castanet-Tolosan, France

(3) INRA UE 321 Domaine de La Fage, 12250 Roquefort sur Souzlon, France

(4) University of Zagreb, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Svetosimunska 25, 10000 Zagreb, Croatie

RESUME

Afin de quantifier l'impact de la monotraite et de qualifier de possibles critères d'aptitude à cette conduite, nous avons étudié 288 lactations sur 3 ans (144 « bitraite », 144 « monotraite »). La taille et le volume des citernes (échographies et méthode à l'Atosiban), l'intégrité mammaire (fuite de lactose et de Na⁺, K⁺) ont complété les mesures de quantité et qualité du lait. La production laitière baisse de 11% chez les multipares et de 13,5% chez les primipares sur la lactation. Les brebis primipares ont une taille de la citerne accrue en monotraite (+25%) alors que les multipares ne sont pas affectées suggérant l'adaptation des primipares à un stockage de lait plus important. L'intégrité mammaire est également plus affectée chez les primipares et fortes productrices. Si les brebis qui produisent le plus perdent le plus de lait, la bonne étanchéité et les plus grands volumes citernaux expliquent aussi la bonne aptitude des brebis à cette conduite. Leur variabilité pourrait servir de base à une sélection génétique.

Once daily milking ability of Lacaune dairy ewes: first zootechnical and physiological results

VANBERGUE E. (1), BARILLET F. (2), ALLAIN C. (2), AUTRAN P. (3), AUREL M.R. (3), DUVALLOO O. (3), PORTES D. (3), DESSAUGE F. (1), BOUTINAUD M. (1), DZIDIC A. (4), MARNET P.G. (1)

(1) UMR 1348, AGROCAMPUS OUEST- INRA PEGASE, Domaine de la Prise, 35590 Saint Gilles, France

SUMMARY

In order to evaluate the impact of once daily milking on the anatomophysiology of the mammary gland and select criterias of ability for Lacaune dairy ewes to tolerate reduction of milking frequency, 288 lactations (144 "once daily milking" and 144 "twice daily milking") in 3 years had been studied. We measured cisternal area, citernal and alveolar milk (ultrasonography and Atosiban@method), tight junction permeability (lactose and Na⁺, K⁺ leak), quantity and quality of milk. Milk yield had been 11% reduce among the multiparous population and 13.5% reduce among the primiparous population. Citernal area had been increased (+25%) among the primiparous population but not among the multiparous population. The citernal area of the primiparous ewe was adapting to store a larger amount of milk. The epithelium damages are more relevant among primiparous and high yielding ewe. If milk yield decrease the most in high yielding ewes, epithelium integrity and larger citernal udders also explain the ability to tolerate once daily milking. Variability of these data could be used in genetic selection.

INTRODUCTION

La conduite en monotraite reste un moyen simple d'alléger sa charge de travail et l'intérêt de cette conduite s'est particulièrement accru chez les éleveurs de petits ruminants confrontés à une gestion de taille de troupeaux croissante et, pour certains, à une incompatibilité grandissante avec la fonction de transformateur fromager (Dutot *et al.*, 2011). Chez les vaches fortes productrices, la monotraite est aujourd'hui connue pour ne pas être économiquement supportable (-30% de production laitière-PL) ni physiologiquement très bien acceptée (CCS, gène comportementale) surtout si elle est appliquée dès le début de la lactation et sur de longues périodes (Rémond et Pomies, 2005). La chèvre forte productrice est en revanche bien plus apte à cette conduite avec une absence d'impact comportemental, des pertes moyennes inférieures (-15 à -18% de PL) et un impact sur l'inflammation mammaire et la qualité du lait bien moindre (Komara *et al.*, 2009, 2010). La brebis laitière semble présenter des réponses intermédiaires (-15 à -35% de pertes de PL) selon les races étudiées (Labussière *et al.*, 1974, Negrao *et al.*, 2001, Nudda *et al.*, 2002). Ces différences d'aptitude inter comme

intra espèces ont été mises en particulier sur le compte de caractéristiques anatomiques des animaux comme la taille de la citerne et/ou la répartition du lait dans la glande mammaire. Chez la brebis laitière en particulier, la taille de la citerne pourraient être favorablement liée à une meilleure aptitude à la monotraite (Marnet *et al.*, 2008) ce qui représente un élément d'importance dans une optique de sélection des animaux. Castillo *et al.* (2008, 2009) ont d'ailleurs démontré que les brebis de race Lacaune semblaient plus aptes à la monotraite que la race locale espagnole Manchega probablement en lien avec une citerne de volume inférieur chez cette dernière race. Si ces derniers auteurs montrent que cette estimation de la taille de la citerne peut se faire par voie d'imagerie (Echographie) avec une bonne représentativité, la part de lait alvéolaire susceptible d'exercer une pression et/ou effet inhibiteur sur la sécrétion du lait a aussi son importance. Aussi, l'estimation de cette répartition du lait intra-mammaire peut aussi présenter un intérêt dans l'estimation de cette aptitude à la monotraite (McKusick *et al.*, 2002).

Outre le volet morphologique, cette aptitude à la monotraite apparaît aussi reliée à l'intensité de la réaction physiologique de la glande mammaire lors de la monotraite (intégrité de l'épithélium mammaire / étanchéité de ses

jonctions serrées que l'on peut évaluer par les fuites de lactose vers le sang ou du ratio Na^+/K^+ du lait (Stelwagen *et al.*, 1997, Guinard-Flament *et al.*, 2007). Sur ce point, très peu de données sont disponibles chez la brebis mais ces dernières semblent démontrer une fuite de lactose moins intense chez les brebis Lacaune par rapport au Manchega soumises à la monotraite (Castillo Lopez, 2008).

La conduite initiale des animaux est aussi un facteur d'adaptation à la monotraite. La perte en lait serait d'autant plus importante lorsque la monotraite est appliquée dès la mise bas avec 24,3% de perte chez les chèvres primipares contre 14,4% chez les multipares (Lefrileux *et al.*, 2008) alors que l'application après un mois de traite biquotidienne entraîne une perte moyenne d'environ 15% et non différente selon la parité (Marnet *et al.*, 2005). Ainsi, chez la brebis, la perte de production a pu être réduite de moitié (de 12 à 5% environ chez la brebis *Sarde*) lorsque la monotraite débutait après 1 à 2 semaines de conduite en traite biquotidienne (Casu et Labussière, 1972 ; Casu et Boyazoglu, 1974).

Les premiers résultats d'application de la monotraite chez les brebis Lacaune sont particulièrement intéressants avec seulement 11% (Castillo Lopez, 2008) de perte par rapport à une conduite en traite biquotidienne, alors que ces animaux aux citernes mammaires plus réduites que les chèvres pourraient être considérés comme moins adaptés aux grands intervalles de traite. Cependant, un point important chez ces brebis est que le pic de lactation intervient pendant le premier mois de la lactation, consacré, dans le système de production Français majoritaire du rayon de Roquefort, à l'allaitement des agneaux (Bocquier *et al.*, 1999). Ainsi, l'application de la monotraite intervient, après le sevrage des agneaux, en phase descendante de production laitière. Ces bons résultats pourraient être également liés à cette période initiale de stimulation qui inclue spécifiquement dans cette région de Roquefort une conduite mixte de tétée libre, très stimulante, et de monotraite.

Tout semblant donc prédire, dans le rayon de roquefort, une bonne aptitude de la race Lacaune à la monotraite, nous avons souhaité en savoir plus sur l'aptitude réelle des animaux d'aujourd'hui au potentiel plus élevé que ceux étudiés par les collègues espagnols précités et ceci tant au plan performances zootechniques, qu'au plan des réponses physiologiques et de qualité du lait voire d'aptitudes technologiques. Le travail présenté ici concerne la première partie de cette évaluation avec comme objectif de comparer chez les brebis primipares et multipares et sur le long terme, l'effet de la conduite en monotraite sur la glande mammaire et les performances zootechniques des brebis. L'objectif visé était de mieux définir les critères morphologiques et physiologiques d'intérêts susceptibles d'être utilisés à terme comme critère de sélection des animaux pour l'aptitude à ce type de conduite simplifiée.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a porté sur 96 brebis pendant trois lactations (de 2009 à 2012). Ces brebis étaient réparties en deux lots constitués chacun de 48 brebis (24 multipares et 24 primipares) et équilibrés en production laitière et en niveau initial de Concentration en Cellules Somatiques du lait (CCS). Aucune brebis n'avait de CCS supérieurs à 10^6 cellules/ml de lait avant le début de l'expérimentation.

Chaque année, après une période d'allaitement + traite (une fois/J) d'un mois et une période de traite exclusive (2 fois/J) de 2 semaines pour équilibrer les lots, le lot expérimental et le lot témoin ont été trait respectivement 1 fois et 2 fois par jour jusqu'à la fin de la lactation. Les animaux conduits en monotraite étaient isolés physiquement des lots conduits en bitraite pour limiter les stress comportementaux. Les brebis des deux lots étaient nourries *ad libitum* sans ajustement au rythme de traite et production de lait. Un mélange d'ensilage

de Ray Grass (44 à 55%MS), foin (luzerne, dactyle, trèfle, Grau) (18 à 26.9%), céréales (orge, triticale, avoine) (12 à 21%), complément azoté (Luzapro 0 à 8%MS et/ou Brebitanne 2.8 à 6%) était distribué. A chaque traite, sont distribués 0.178g de complément azoté Brebitanne.

1.1 MESURES ET ANALYSES EFFECTUEES

Les performances zootechniques des brebis ont été suivies sur toute la lactation (production de lait, TP, TB, CCS). L'analyse du lait a été effectuée toutes les semaines depuis la mise à la traite ainsi qu'à J-1, J1, J2 et J9 puis une fois par semaine sur toute la durée de l'expérimentation.

La morphologie des mamelles a été évaluée à travers deux types de mesures. Des échographies des mamelles permettant d'analyser la surface de citerne et de décrire la structure interne de ces dernières ont été réalisées une fois par mois avant et pendant les trois premiers mois suivant la date de passage en monotraite. La technique à l'Atosiban® (Castillo *et al.*, 2008) a été utilisée pour mesurer la répartition du lait dans la mamelle entre compartiments alvéolaire et citernal. Cette mesure a été réalisée les jours suivant ceux consacrés aux échographies de mamelle.

L'intégrité des alvéoles mammaires a été évaluée à travers le dosage de la concentration en lactose dans le sang et des ions Na^+ K^+ dans le lait. Pour cela, des prélèvements de sang et de lait ont été effectués le jour précédent le jour du passage à la monotraite du lot expérimental (J-1) puis à J1, J2, J9, après cette date. Des mesures complémentaires de lactosémie et de Na^+ , K^+ du lait ont été réalisées sur 48 brebis en 2013 à J28 et J50.

Le dosage des minéraux Na^+ et K^+ était réalisé par spectrométrie d'absorption atomique, le dosage du lactose dans le sang par spectrométrie.

La réponse physiologique d'adaptation physiologique comme de signe de gêne ou de douleur, générés par la monotraite, a été mesurée via la concentration plasmatique de cortisol. Des prélèvements de sang ont donc été réalisés à (J-1), puis à J1, J2, J9 après passage en monotraite. Le dosage du cortisol était réalisé par EIA (Enzyme Immuno Assay).

1.2 ANALYSES STATISTIQUES

L'impact de la monotraite sur l'intégrité de la mamelle, sur la taille de la citerne et sur la répartition du lait dans la mamelle (mesures échographique et atosiban) a été évalué par comparaison entre le lot témoin et le lot monotraite, corrigé du niveau laitier, via une analyse de variance PROC MIXED du logiciel SAS.

La perte laitière instantanée, la perte laitière sur la lactation, l'intégrité de l'épithélium mammaire, la répartition du lait dans la mamelle, la morphologie de la mamelle ont été étudiées par analyse de variance à plusieurs facteurs à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS.

Les corrélations entre les différents paramètres ont été établies à l'aide de la procédure CORR du logiciel SAS.

2. RESULTATS & DISCUSSION

2.1. IMPACT DE LA MONOTRAITE SUR LA PRODUCTION LAITIERE

Notre expérimentation n'applique pas la monotraite directement après la parturition pour permettre l'allaitement des agneaux. Une phase courte de deux semaines de bitraite sert de période de référence pour l'allotement des brebis et pour calculer la perte laitière par animal.

La perte immédiate (dans la semaine suivant le passage à la monotraite) est de 13.41% chez les brebis multipares et de la perte immédiate est de 21.39% chez les primipares. Chez les multipares, la différence entre le lot conduit en bitraite et le lot conduit en monotraite montre une perte de 10.3% sur l'ensemble de la lactation. Chez les

primipares, la perte sur l'ensemble de la lactation est de 13.41%. Les primipares seraient donc plus sensibles à la réduction de la fréquence de traite que les adultes conformément à ce qui a été observé par Marnet et Komara (2008) chez les caprins. Il existe cependant une forte variabilité de la perte selon les animaux (de -18,4 à -65% par rapport à la période de référence chez les primipares). Les pertes laitières moyennes sont du même ordre de grandeur que les valeurs trouvées par Castillo et al, (2008) (-15% de lait citernal chez les brebis primipares).

Après le passage en monotraite, on observe une tendance à la diminution du taux protéique chez les multipares ($p=0.0746$) alors qu'elle est très significative chez les primipares. Nous observons aussi chez ces dernières une tendance à la diminution du TB. Ces données sont assez différentes de celles qui sont rapportées dans la littérature où généralement on observe une stabilité (Castillo et al, 2008 ; McKusick et al, 2002 ; Cowie and Tindal, 1971) voire une augmentation des taux en monotraite de 2.5 à 6g/kg (Nudda *et al*, 2002)). Cependant, Komara et Marnet (2009) avaient déjà observé une baisse du TB chez les chèvres fortes productrices, baisse qui pouvait être corrigée en cas de réduction de l'apport alimentaire aux besoins (Komara, 2009). Nos résultats pourraient en partie avoir pour origine l'alimentation des brebis *ad libitum*, sans ajustement de la ration au volume de production. Les CCS moyens en monotraite n'évoluent pas significativement.

Tableau 1 - Effet de la monotraite sur les paramètres zootechniques chez les brebis primipares et multipares.

| Multipares | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| | Bitraite (n=70) | Monotraite (n=72) | P-value |
| PL (L) | 278.77 (± 8.04) | 235.2 (± 6.50) | <0.0001 |
| Pertes (%) | -38.72 (± 0.89) | -49.74 (± 0.84) | <0.0001 |
| TP (g/kg) | 56.13 (± 0.36) | 57.15 (± 0.43) | 0.0746 |
| TB (g/kg) | 70.68 (± 0.73) | 69.78 (± 0.72) | 0.38 |
| CCS $\times 10^4$ /ml | 162 ($\pm 3,3$) | 296 ($\pm 8,3$) | 0.142 |

| Primipares | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| | Bitraite (n=68) | Monotraite (n=70) | P-value |
| PL (L) | 198.78 (± 4.42) | 165.26 (± 5.19) | <0.0001 |
| Pertes (%) | -31.42 (± 1.15) | -44.37 (± 0.99) | <0.0001 |
| TP (g/kg) | 53.25 (± 0.38) | 55.11 (± 0.40) | 0.001 |
| TB (g/kg) | 69.85 (± 0.90) | 67.87 (± 0.73) | 0.0914 |
| CCS $\times 10^4$ /ml | 445 (± 17) | 690 (± 20) | 0.3675 |

Les résultats sont présentés \pm SEM. PL : production laitière Pertes : pertes sur l'ensemble de la lactation TP : taux protéique TB : Taux butyreux CCS : Concentrations en cellules somatiques du lait

2.2. IMPACTS DE LA MONOTRAITE SUR L'ANATOMOPHYSIOLOGIE DE LA MAMELLE

2.2.1 Impacts sur l'anatomie de la glande mammaire

La surface citernale mesurée par échographie n'est pas différente entre le lot « bitraite » et le lot « monotraite » chez les brebis multipares ($p=0.43$). Il n'y a pas de déformation des mamelles suite à la réduction du nombre de traite. Néanmoins en début de campagne, il est difficile d'évaluer la réelle surface des mamelles car elles sont trop volumineuses pour la profondeur de lecture de la sonde échographique. Cette limite est également observée par Rovai et al, (2008) et Castillo et al, (2008). Chez les primipares, la surface citernale mesurée par échographie est plus importante chez les animaux conduits en

monotraite. La mamelle des primipares, dont la croissance n'est pas terminée en début de campagne, s'adapterait donc au stockage d'une quantité plus importante de lait.

La répartition du lait dans la mamelle, mesurée après 12h d'accumulation de lait, est la même dans les deux lots (bitraite et monotraite) chez les multipares comme chez les primipares. Il n'y a donc pas de modification significative de la répartition du lait en accord avec les observations de Castillo et al, (2008) et McKusick, et al, (2002). Cela pourrait s'expliquer par le faible poids relatif du lait alvéolaire car le pourcentage de lait citernal chez les primipares est de 78 % (± 0.91) et de 81% (± 0.68) chez les multipares. Ces valeurs sont cohérentes avec les valeurs trouvées en Lacaune dans la littérature (Castillo et al, 2008 ; Rovai et al, 2008) et sont du même ordre de grandeur que celle rencontrées chez la brebis Sardes (Nudda et al, 2002).

2.1.2. Impacts sur l'intégrité de la mamelle

Chez les multipares, on note une augmentation significative de la concentration de lactose plasmatique une journée après le passage à la monotraite (J1) (22,63 vs 35,75mg/l $p<0.0001$). Les mesures réalisées à J2 et J9 indiquent une récupération de l'épithélium sécréteur dès 24h après le passage en monotraite. Cela témoigne d'une perturbation très transitoire de la structure interne de la mamelle avec adaptation rapide à la monotraite et conforte les observations de Castillo et al, (2009).

Chez les primipares, on note sur les trois années, une augmentation significative de la teneur en lactose dans le sérum 24h après le passage à la monotraite (56,35 vs 23.20 mg/l $p<0.0001$) mais cette fuite persiste à 48h (40,43 vs 26,31mg/l $p<0.0001$). L'évolution de la teneur en lactose plasmatique atteste donc d'une augmentation de la perméabilité mammaire consécutive à la monotraite. A J9, on note un retour aux niveaux initiaux du lactose plasmatique ($p=0.0822$). L'étanchéité est donc récupérée après une semaine même chez ces animaux plus affectés. Avec un retour à la normale plus tardif que chez les brebis adultes, les brebis primipares sont donc plus sensibles au passage à la monotraite. Ceci est probablement dû au fait que la croissance de la mamelle n'est pas finie chez les primipares en début de lactation et que la pression y est plus forte. Nous noterons que les profils cinétiques de concentration plasmatique de lactose des primipares sont très hétérogènes et reflètent une diversité d'adaptation des brebis à la monotraite. En effet, certaines brebis s'adaptent en 24h à la monotraite, alors que d'autres (5/23 primipares) ne recouvrent pas leur état initial même après 50 jours.

Chez les multipares, on observe une diminution de la concentration de potassium après le passage en monotraite qui reste significativement inférieure jusqu'à J50 (1255.09 vs 1389 mg/kg $p=0.0008$). Chez les primipares, on observe une augmentation de la concentration de sodium et une diminution de la concentration de potassium dans le lait après le passage en monotraite. On a donc un ratio Na^+/K^+ plus élevé chez les brebis conduites en monotraite. Ce ratio reste significativement supérieur dans le lot « monotraite » comparativement au lot « bitraite » à J50 (0.4223 vs 0.3165 $p=0.0015$). On peut donc supposer que le rétablissement de l'intégrité des cellules l'épithélium n'est pas total à J50 comme pour le lactose. Un dérèglement des pompes Na^+/K^+ des membranes pourrait aussi survenir chez ces animaux. Chez la chèvre laitière, Boutinaud et al, (2003) relevait également des perturbations au niveau du ratio Na^+/K^+ 24 jours après le passage à la monotraite, témoin d'une perturbation qui perdure. Nous noterons que les profils cinétiques de concentration en Na^+ et K^+ dans le lait sont très hétérogènes et reflètent une diversité de réponse des brebis à la monotraite.

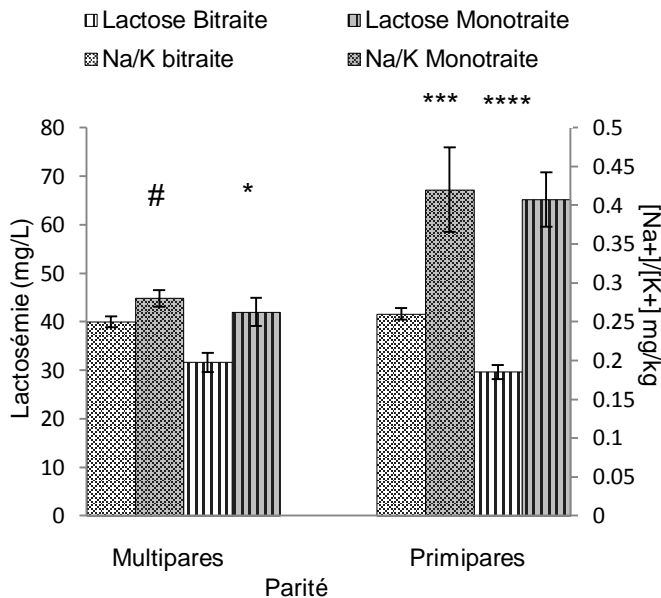


Figure 1 - Effet de la monotraite sur l'intégrité de la mamelle chez les brebis primipares et multipares. Le maximum des valeurs de lactose et du ratio Na^+/K^+ sur la période de mesure sont présentés \pm SEM.

: tendance; * : $p < 0.05$; *** : $p < 0.001$; **** : $p < 0.0001$.

2.3 CRITERES ANATOMOPHYSIOLOGIQUES ET APTITUDE A LA MONOTRAITE

Chez les multipares comme chez les primipares, il apparaît que les facteurs liés à une perte supérieure sont : une forte production laitière, une faible résistance des jonctions serrées, une taille de citerne petite et un stockage citernal du lait plus faible. Ces résultats sont conformes avec ceux de Castillo et al, 2008 qui relevait l'importance de la taille de la citerne dans l'adaptation à la monotraite, et ceux de Salama et al, 2004 chez la chèvre. Cependant, ce facteur n'est plus un facteur explicatif majeur de la perte chez la brebis Lacaune Française contemporaine.

Chez les multipares, la variabilité de la perte mesurée en première semaine de monotraite est expliquée à 55% par les facteurs suivants : la production initiale ($F=8.06$ $p=0.0054$), de la résistance des jonctions serrées ($F=8.91$ $p=0.0035$) et de la répartition du lait dans la citerne ($F=7.03$ $p=0.0092$). La variabilité de la perte sur l'ensemble de la lactation est expliquée à 50% par les facteurs suivants : la production laitière initiale ($F=22.44$ $p < 0.0001$), la résistance des jonctions serrées ($F=4.94$ $p=0.0282$). Il y a une tendance à l'effet de la taille initiale de la citerne ($F=2.83$ $p=0.0952$) qui est favorable à une moindre perte.

Il n'y a pas d'effet de la répartition initiale du lait entre compartiments mammaires sur la capacité à supporter la monotraite tout au long de la lactation.

Chez les primipares, la variabilité de la perte sur la première semaine est expliquée à 70% par les facteurs suivants : la production initiale ($F=12.49$ $p=0.0006$), la résistance des jonctions serrées ($F=42.91$ $p < 0.0001$), la répartition du lait dans la mamelle ($F=12.9$, $p=12.9$). La perte sur l'ensemble de la lactation est expliquée à 62% par les facteurs suivants : la production laitière initiale ($F=54.52$, $p < 0.0001$), la résistance des jonctions serrées ($F=37.15$, $p < 0.0001$), la répartition du lait dans la mamelle ($F=6$, $p=0.016$).

2.4 REDUCTION DE LA FREQUENCE DE TRAITE ET « BIEN ETRE » ANIMAL

Les techniciens animaliers n'ont enregistré aucune modification du comportement des brebis (bêlement, agitations) lors du passage à la monotraite. La réduction de la fréquence de traite n'a pas initié de développement de mammites cliniques au cours de l'expérimentation. Aucun changement significatif des taux plasmatiques de cortisol n'a été observé chez les brebis multipares ($p=0.15$) comme chez les primipares ($p=0.59$). Les animaux sont donc globalement affectés par l'effort d'adaptation à la réduction de la fréquence de traite.

CONCLUSION

La brebis laitière contemporaine de race Lacaune semble donc très bien adaptée à la conduite de monotraite au vu de ses très bonnes performances zootechniques. Un travail sur l'alimentation s'impose pour corriger les taux, ce qui semble possible au vu d'autres essais réalisés au cours de ce programme. La grande citerne reste toujours un facteur favorable à l'aptitude à la monotraite mais ce facteur pèse au final assez peu. Compte tenu de la lourdeur des mesures et analyses, elles ne semblent pas utilisables pour la sélection. Les critères physiologiques d'intégrité de l'épithélium mammaire apparaissent en revanche très significatifs et sont l'expression aujourd'hui de la nouvelle limite de la glande mammaire après son volume de stockage. L'analyse génétique ultérieure devrait nous permettre de vérifier s'ils peuvent être utiles à une sélection des animaux.

Ces recherches ont été conduites dans le cadre du projet ROQUEFORT'IN (2010-2013), cofinancé par le FUI, la région Midi-Pyrénées, les départements de l'Aveyron et du Tarn, et le Grand Rodez.

Les auteurs remercient T Le Mouël, C Mustière, et S Daré et J. Portanguen pour les analyses en laboratoire.

- Bocquier, F., Aurel, M.R., Barillet, F., Jacquin, M., Lagriffoul, G., Marie, C., 1999.** EAAP pub, 95, 257-262
- Castillo Lopez, V., 2008.** Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, 270p
- Castillo, V., Such, X., Caja, G., Casals, R., Salama, A.A.K., Albanell, E., Casals, R., 2008.** J. Dairy Sci., 91: 3403-3411
- Castillo, V., Such, X., Caja, G., Casals, R., Salama, A.K., Albanell, E., 2009.** J. Dairy Sci., 92, 8, 3684-3695
- Casu, S., Boyazoglu, J., 1974.** Ann. Zootech, n° HS, 139-144
- Dutot, S., Durand, G., Gaudru, M.L., Martin, B., Pomies, D., Hulin, S., Marnet, P.G., 2011.** Renc. Rech. Rum., 18: 193-196
- Casu, S., Labussière, J., 1972.** Ann. Zootech, 21, 223-232
- Guinard-Flament, J., Gallard, Y., Larroque, H., 2007.** Renc. Rech. Rum., 14: 425.
- Lefrileux, Y., Pommaret, A. Raynaud, S., 2008.** Renc. Rech. Rum., 15, 167-170
- Komara M., 2009.** Thèse AGROCAMPUS OUEST, ref B-199, 120p
- Komara, M., Boutinaud, M., Ben Chedly, H., Guinard-Flament, J., Marnet, P.G., 2009.** J. Dairy Sci. 92, 5447-5455
- Komara M., Giger-Reverdin, S., Marnet, P.G., Roussel, S., Duvaux-Ponter, C., 2010.** Appl. Anim. Behav. Sci. 127, 96-103
- Komara M., Marnet P.G., 2009.** Small Ruminant research, 87, 64-69
- Marnet P.G., Komara M., 2008.** J. Animal Sci, 86: 47-56

- McKusick, B. C., Thomas, D. L., Berger, Y. M., Marnet, P. Nudda, A., Bencini, R., Mijatovic, S., Pulina G.** 2002. *J. Dairy Sci.* 85: 2879-1884.
- Stelwagen, K. Farr, V.C., McFadden, H.A., Prosser, C.G., Davis, S.R.**, 1997. *Am. J. Physiol.*, 42, 379-386.
- Rémond B., Pomiès D.**, 2005. *Anim. Res.*, 54, 427-442
- Labussière J. Combaud J-F, Petrequin P Chesne P**, 1974, *Ann. Zootech.* 23 (1974) 445-457
- Negrao J.A., Marnet P.G., Labussière J.**, 2001. *Small Rum. Res.* 39, 181-187.
- G.**, 2002. *J. Dairy Sci.* 85, 2197–2206
- Marnet, B. Gomis, J. Guinard-Flament, M. Boutinaud, V. Lollivier**, 2005, *Renc. Rech. Rum.*, p225-228.
- CowIE, A. T. & TINDALL, J. S.** (1971). *The Physiology of Lactation*. London: Arnold.
- Rovai M, Caja G.** *J. Dairy Sci.*, 91 (2008), pp. 4622–4629
- Boutinaud M, Rousseau C, Keisler DH and Jammes H** 2003. *J. Dairy Sci* 86, 509–520.
- Salama, A.A.K., Caja, G., Such, X., Peris, S., Sorensen, A., Knight, C.H.** 2004. *J. Dairy Sci.* 87, 1181–1187