

La monotraite quotidienne appliquée en brebis laitières de race Lacaune : Synthèse de cinq années de recherche

P. HASSOUN¹, C. ALLAIN², P.-G. MARNET³, E. GONZALEZ-GARCIA¹, H. LARROQUE², E. VANBERGUE³, F. DESSAUGE³, A. DZIDIC⁸, P. AUTRAN⁶, D. PORTES⁵, J.-P. GUITARD⁷, G. LAGRIFFOUL⁴, A. TESNIÈRE¹, E. MORIN⁴, C. DE BOISSIEU⁴, C.-H. MOULIN¹, A. LURETTE¹, F. BARILLET²

¹ SELMET, INRA, CIRAD, Montpellier SupAgro, 34000, Montpellier, France

² GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, INPT-ENV, 31320, Castanet-Tolosan, France

³ PEGASE, Agrocampus Ouest, INRA, 35590, Saint-Gilles, France

⁴ Institut de l'Élevage, CNBL, 31326, Castanet-Tolosan, France

⁵ INRA Domaine de La Fage, 12250, Saint-Jean et Saint-Paul, France

⁶ INRA GRH Formation Permanente, 34000, Montpellier, France

⁷ Lycée agricole professionnel de La Cazotte, 12400, Saint-Affrique

⁸ University of Zagreb, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, 10000 Zagreb, Croatie

Courriel : philippe.hassoun@supagro.inra.fr

Le recours à la monotraite quotidienne (animaux traits une fois par jour) permet une réduction importante du travail d'astreinte en élevage laitier. Ses conséquences sur la production laitière dépendent de l'espèce, de la race, du stade de lactation et de sa durée de mise en œuvre. Chez la brebis laitière, l'impact de la monotraite pendant toute la période de traite exclusive et répétée à l'échelle de la carrière de la brebis, n'avait jamais été étudié avant ce travail en race Lacaune.

La traite biquotidienne représente 50% du travail d'astreinte en élevage laitier (Chauvat *et al* 2003, Lefrileux *et al* 2008) et peut constituer un frein à la reprise d'exploitations ou à de nouvelles installations. Aussi la conduite de la traite est apparue depuis longtemps comme un levier essentiel pour réduire le temps d'astreinte (Casu et Labussière 1972, Mocquot et Auran 1974) notamment en supprimant quotidiennement la traite du soir (monotraite) sur une période plus ou moins longue de la lactation.

Le recours à la monotraite a fait l'objet de beaucoup plus d'investigations contemporaines chez les vaches et chèvres laitières. Pour les vaches laitières fortes productrices, cette pratique n'est ni économiquement supportable (- 30% de production laitière - PL), ni physiologiquement très bien acceptée (augmentation des cellules somatiques, gêne comportementale), surtout si elle est appliquée dès le début de la lactation et sur de longues périodes (Rémond et Pomiès 2005). Les chèvres de races fortes productrices, comme les races Alpine et Saanen, sont en revanche bien plus aptes à cette conduite avec une absence d'impact comportemental, des pertes modé-

rées de PL (15 à 18%) et un impact sur l'inflammation mammaire et la qualité du lait bien moindre (Komara *et al* 2009 et 2010). Les résultats chez les brebis laitières sont très variables, avec des pertes de PL de 10 à 45%, selon les races, le stade de lactation auquel débute la monotraite et sa durée (Casu et Labussière 1972, Labussière *et al* 1974, Casu *et al* 1978, Negrão *et al* 2001, Nudda *et al* 2002 ; Santibanez *et al* 2009).

L'aptitude à la monotraite est liée à deux facteurs désormais bien identifiés et décrits chez les ruminants (Marnet et Komara 2008), et en particulier chez les petits ruminants (Marnet et McKusick 2001, McKusick *et al* 2002) : *i*) la morphologie mammaire (volume citeranal) et en conséquence la répartition du lait dans la glande mammaire, dont la comparaison entre les races Lacaune (contemporaine) et Manchega est une bonne illustration (Castillo *et al* 2008b) ; *ii*) l'intensité de la réaction physiologique de la glande mammaire (étanchéité des jonctions serrées) lors de l'accumulation du lait dans la mamelle en situation de monotraite (Stelwagen 2001, Guinard-Flament *et al* 2007). Chez les brebis laitières, d'autres facteurs sont à

prendre en compte pour interpréter la forte variabilité des résultats constatés dans la littérature pour cette espèce.

La lactation des brebis laitières est en effet habituellement exploitée avec une période initiale d'allaitement d'environ un mois, suivie après le sevrage des agneaux, de la période dite de traite exclusive jusqu'au tarissement des brebis. Le premier mois d'allaitement peut être mixte (allaitement et une traite par jour) quand la race est bonne laitière, afin d'éliminer l'excédent de lait non consommé par le ou les agneaux. Dans ces conditions, l'application de la monotraite ne peut intervenir qu'après le sevrage des agneaux, en phase descendante de production laitière. Cet état de fait peut être favorable pour limiter les pertes laitières, comparé à une pratique de la monotraite débutant dès le début de la lactation. Mais les modalités du premier mois d'allaitement (mixte ou pas et nombre d'agneaux allaités) peuvent aussi interférer sur les résultats ultérieurs de monotraite.

Dans les années 1970, quand la brebis Lacaune était une race peu laitière, les premiers essais de monotraite conduits en

fin de lactation montraient sa mauvaise aptitude à cette pratique comparativement à la brebis Sarde (Aussibal 1977). Une expérimentation récente, comparant les races Manchega et Lacaune, a montré une perte de production laitière respectivement de 37 et 11%, lorsque la monotraite débutait au 40^{ème} jour de lactation pour une période de deux mois. Avec un début de monotraite au 100^{ème} jour de lactation pour une même durée, il n'y a pas eu de perte de production pour les brebis de ces deux races (Castillo López 2008).

En pratiquant la monotraite dès le début de la période de traite exclusive, selon ces données bibliographiques, la perte laitière peut donc être comprise entre 10-15% (brebis Sarde et Lacaune contemporaines par exemple) et 35-40% (brebis Manchega par exemple), avec des niveaux laitiers avant monotraite bien différents : 2,8 L/j en race Lacaune et 1,8 L/j en races Sarde ou Manchega (Casu et Labussière 1972, Castillo López 2008). Les résultats disponibles concernant l'aptitude à la monotraite de la brebis Lacaune contemporaine sont donc encourageants. Ils sont toutefois limités, car obtenus uniquement sur quelques dizaines de multipares et sur de courtes durées et donc sans mesure à l'échelle de la carrière des brebis.

Chez la brebis de race Corse, deux essais de monotraite conduits de 2009 à 2011 à la station expérimentale de l'ODARC (Altiani, Corse) pendant toute la lactation ont montré une bonne aptitude de la race à cette pratique. Lorsque qu'elle était appliquée à partir du 45^{ème} jour de lactation, la production laitière diminuait de 6 à 9% pour une production moyenne quotidienne de 0,8 L/jour (Griffoul 2012).

L'intérêt pour la pratique de la monotraite s'est accru chez les éleveurs de brebis laitières en France, confrontés, d'une part à l'accroissement de la taille des troupeaux et, d'autre part à une deuxième astreinte éventuelle, avec la transformation fromagère pour les éleveurs fromagers.

L'utilisation de la monotraite pose par ailleurs d'autres questions, tant à l'échelle des exploitations (équilibre entre revenu et travail), qu'à celle du bassin de collecte (volume et répartition mensuelle de la collecte). Évaluer l'intérêt et les conséquences de tels changements suppose donc de prendre en compte les systèmes d'exploitation dans leur globalité.

En France, conformément au cahier des charges de l'AOP Roquefort (race Lacaune), seul le lait produit pendant la période de traite exclusive avec une traite

biquotidienne peut être valorisé en fromage d'AOP Roquefort. C'est donc avec l'accord de l'Interprofession du Bassin de Roquefort, que des travaux de recherche portant sur l'impact de la monotraite en brebis Lacaune, ont été entrepris de 2008 à 2014 dans le cadre du programme Roquefort'in (cf. encadré). Ce projet a consisté à produire des références zootechniques, métaboliques, physiologiques et de santé de la mamelle, pendant toute la période de traite exclusive, pour des brebis primipares et multipares. Il a ainsi permis d'aborder l'intérêt du recours à la monotraite pendant tout ou partie de la traite exclusive et de modéliser les effets de cette pratique à l'échelle de l'exploitation et du bassin de Roquefort. Le présent article synthétise la démarche expérimentale et les principaux résultats du projet.

1 / Protocoles expérimentaux

Deux sites expérimentaux ont participé au projet : l'Unité Expérimentale INRA de La Fage du département Génétique Animale de l'INRA (Unité Mixte de Recherche Génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage - UMR GenPhySE) et la ferme du lycée agricole de La Cazotte (Saint-Affrique).

Sur les deux sites, l'agnelage des brebis mises à la reproduction avec insémination animale et synchronisation des chaleurs, a eu lieu en bergerie, autour du 20 octobre à La Cazotte, et à La Fage entre fin novembre et début décembre pour les brebis adultes et vers la mi-janvier pour les primipares. Les agneaux ont été sevrés en moyenne à 33 ± 2 jours.

Pendant la période d'allaitement, les brebis ont été traitées le matin pour éliminer l'excédent de lait non prélevé par les agneaux. Les brebis sont restées en bergerie jusqu'à fin mars – début avril (période de bergerie exclusive). Puis, selon la pousse de l'herbe et les conditions climatiques, elles sont sorties progressivement au pâturage avec un complément d'alimentation jusqu'au tarissement.

1.1 / L'Unité Expérimentale de La Fage

Huit expérimentations (48 brebis par essai) ont été réalisées de 2010 à 2013 dans le cadre du projet Roquefort'in, et deux expérimentations préliminaires en 2009. Chaque année, deux lots (monotraite, 1T et traite biquotidienne, 2T) ont été constitués et équilibrés sur la base du nombre d'agneaux allaités (1 ou 2), du numéro de lactation, du poids vif, de la Note d'Etat Corporel (NEC), de la Production quotidienne de Lait (PL) et des Taux Butyreux (TB) et protéiques (TP) moyens mesurés pendant deux semaines de traite biquotidienne (du 35^{ème} au 50^{ème} jour de lactation) entre le sevrage des agneaux et le début de la période de monotraite. Pendant la période de bergerie exclusive, les brebis ont été alimentées à volonté, soit en lot, soit individuellement (portillons électroniques) selon les recommandations proposées par Hassoun et Bocquier (2010) pour un niveau de PL initiale de 3,0 L en multipares et de 2,5 L en primipares. En moyenne chaque année, elles ont reçu une ration complète à base d'ensilage d'herbe (48%), de foin de graminées et de luzerne (30%) et de concen-

Encadré. Le projet Roquefort'in.

Le projet Roquefort'in porté par la Confédération générale des producteurs de lait de brebis et des industriels de Roquefort entre 2010 et 2013 a été labellisé le 21 avril 2009 par le pôle de compétitivité Agri Sud-Ouest Innovation (anciennement Agrimp Innovation) et déposé dans le cadre du huitième appel à projets du Fonds Unique Interministériel (FUI). Le projet a mobilisé un consortium de sept partenaires représentatifs de l'environnement technique et scientifique d'excellence de la filière : la Confédération Générale de Roquefort, la coopérative Ovitest, le service d'appui technique Unotec, l'OS UPRA Lacaune, la Maison de l'élevage du Tarn, l'Institut de l'élevage et plusieurs unités mixtes de recherche de l'INRA ainsi que l'unité expérimentale INRA de La Fage et la participation de la ferme de La Cazotte du lycée agricole de Saint-Affrique. Pour un montant total de près de quatre millions d'euros, ces sept partenaires ont bénéficié d'un soutien financier à hauteur de 58% du FUI regroupant le Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi et le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche, du Fond Européen de Développement Régional (FEDER), de la région Midi-Pyrénées, des Conseils Généraux de l'Aveyron et du Tarn, et de la Communauté d'Agglomération du Grand Rodez. Le projet Roquefort'in avait une double ambition, avec un volet génomique destiné à tester la faisabilité de la sélection génomique en race Lacaune, et un volet exploration de la pratique de la monotraite à l'échelle de la brebis, de l'exploitation et du bassin de production. L'ensemble visait la proposition de solutions innovantes, génératrices de gains génétiques accrus pour le schéma de sélection, de gain de temps pour le travail d'astreinte dans les élevages, et d'une meilleure flexibilité de conduite de la génétique et des exploitations.

très (22%), plus un apport quotidien d'environ 200 g de concentré en salle de traite.

Afin de mesurer l'impact de la pratique de la monotraite au fil des lactations, des lots supplémentaires de brebis conduites en monotraite ont été ajoutés à partir de 2011 en plus des deux essais annuels. Ces lots ont été alimentés comme les lots en essais avec la même ration, mais aucune des mesures zootechniques décrites précédemment n'a été faite hormis le contrôle laitier proprement dit, réalisé sur un rythme bimensuel. L'objectif était de disposer de brebis suppléantes conduites en monotraite à la campagne *n-1*, susceptibles d'intégrer les lots essais officiels à la campagne *n*. L'effet de la répétition de la monotraite a ainsi pu être analysé sur 236 lactations de multipares se répartissant en 39% de lactations sans répétition (une seule lactation en monotraite), 33% avec deux lactations et 28% avec au moins les 3 premières lactations en monotraite, au moment de leur réalisation. En complément de ces essais, une expérimentation a été réalisée en 2014 sur brebis multipares alimentées en lot avec des foin à volonté et des concentrés.

1.2 / La ferme de La Cazotte

Deux essais ont été conduits en 2011 et 2012 pour mesurer l'effet d'un apport modulé de concentrés à des brebis multipares conduites en monotraite. Les brebis ont reçu une ration fourragère mélangée constituée d'ensilage de maïs (54%), d'ensilage de ray-grass (27%) et de foin de ray-grass (19%), distribuée à volonté, plus des concentrés (1 à 1,4 kg MS/j/brebis selon les lots) distribués à l'auge 4 fois par jour qui ont permis d'ajuster les apports décrits ci-dessous, plus environ 200 g de concentré en salle de traite. Chaque essai a inclus 4 lots de 25 brebis multipares équilibrés sur les mêmes critères qu'à La Fage. Les 4 lots ont été constitués d'un lot 2T, un lot 1T (1T₁₀₀) alimenté comme le lot 2T et deux autres lots 1T alimentés avec une ration soit ajustée à la PL attendue en début de monotraite (1T₈₅ en 2011 et 1T₇₅ en 2012), soit avec un niveau intermédiaire (1T₉₂ en 2011) ou en ajustant les apports de concentrés au niveau de PL attendue en début de monotraite puis en les réajustant après un mois de traite (1T_{75C} en 2012). La ration distribuée aux lots 2T et 1T₁₀₀ a été calculée pour un niveau de PL au démarrage de 3,5 L. Les apports de concentrés de tous les lots ont été réajustés en fonction de la PL mesurée, environ un mois avant la mise à l'herbe. L'application de la monotraite a débuté une semaine (2011) ou deux semaines (2012) après le sevrage des agneaux, soit respectivement au 32^{ème} et 40^{ème} jour de lactation.

1.3 / Mesures réalisées sur les deux sites

Les quantités ingérées de matière brute ont été mesurées quotidiennement, et celles de matière sèche (QI) 3 à 4 jours/semaine, du sevrage jusqu'à la mise à l'herbe.

A La Fage, la PL, le TB et le TP, la concentration en cellules somatiques du lait (CCS), le temps de latence, assimilable au débit de traite maximum (Marie-Etancelin *et al* 2006) ont été mesurés avec des éprouvettes électroniques INRA, permettant les mesures des paramètres liés à la vitesse de traite. A La Cazotte, seuls les volumes et la composition du lait (TB, TP et CCS) ont été mesurés par le contrôle laitier. A La Fage, les mesures liées à la production de lait ont été réalisées sur les traites du soir et du lendemain matin, trois fois par semaine pendant les 2 semaines de traite biquotidienne, et 2 fois par semaine pendant les 2 premières semaines de la période de monotraite, puis une fois par semaine jusqu'au tarissement; à La Cazotte, une fois par semaine pendant le premier mois, puis toutes les 2 semaines jusqu'à la mise à l'herbe et ensuite une fois par mois jusqu'au tarissement.

Le poids et la NEC (échelle de 0 [= émaciée] à 5 [= très grasse]) des brebis ont été mesurés avant le passage en monotraite puis environ une fois par mois jusqu'au tarissement.

Des prises de sang ont été réalisées sur les brebis des essais de 2010 à 2013 à La Fage et de 2011 et 2012 à La Cazotte avant le passage en monotraite, une semaine après, puis soit toutes les 2 semaines, soit tous les mois jusqu'à 2 mois après la mise à l'herbe. Pour chaque prélèvement, les dosages suivants ont été effectués : Acides Gras Non Estérifiés (AGNE), glucose, beta hydroxybutyrate (β -OHB), insuline et leptine afin d'évaluer le statut énergétique des animaux.

Des analyses des fractions solubles de l'azote dans le lait ont été réalisées entre 2009 et 2012 selon la norme ISO 8968 à partir de petits volumes de laits de mélange (46 laits de primipares et 26 de multipares) issus de 24 brebis en monotraite et de 24 en traite biquotidienne. Une partie de ces laits de mélanges a également été utilisée pour des micro-fabrications fromagères. Au cours de ces essais, les rendements fromagers au premier jour de fabrication ont été déterminés. Par ailleurs, la composition fine des laits de mélange (caséines totales, α -S1, α -S2, β , κ , protéines solubles totales, acides gras mono insaturés, polyinsaturés (AGPI) et saturés (AGS)) a été estimée en 2010 et 2012 (à 10 reprises en primipares et 8 en multipares) à partir des spectres dans le Moyen Infra-Rouge

(MIR) et des équations de prédictions développées dans le cadre du projet PhenoFinLait (Gelé *et al* 2014). Les valeurs présentées dans le texte sont des moyennes ajustées pour l'effet fréquence de traite pour les primipares d'une part et les multipares d'autre part.

La morphologie interne de la mamelle a été étudiée à La Fage pour chaque expérimentation de 2010 à 2013. Les mamelles des brebis ont été échographiées une fois par mois environ huit heures après la traite du matin et les images obtenues analysées pour quantifier la surface cisternale des mamelles. Sur la même période, le lait citernal et le lait alvéolaire ont été mesurés en utilisant l'atosiban® (molécule qui bloque les récepteurs à ocytocine et permet la traite du seul lait citernal) suivi d'une injection d'ocytocine à dose extra-physiologique qui permet la mesure du lait alvéolaire ainsi libéré (Castillo *et al* 2008a). L'intégrité mammaire a été mesurée par le dosage du lactose et du potassium (K⁺) plasmatiques et du sodium (Na⁺) dans le lait.

Une évaluation, « à vue d'éleveur », du bien-être des animaux a été réalisée par le personnel des deux sites, à travers l'observation quotidienne des animaux (mobilité, vocalisations, sensibilité lors de la traite). Elles ont été en partie objectivées sur le site de La Fage, par la mesure d'un autre critère indirect physiologique qui est la concentration circulante de cortisol. Des prélèvements de sang ont été réalisés à J-1, puis à J1, J2, J9 autour du passage en monotraite et le dosage du cortisol a été réalisé par méthode immuno-enzymatique.

1.4 / Modélisations à l'échelle de l'exploitation et du bassin de production

Enfin, pour évaluer l'impact de la mise en œuvre de la monotraite, ainsi que des leviers techniques associés, nous avons développé un outil de simulation de l'impact de la monotraite à l'échelle de l'exploitation et du bassin de production (Lurette *et al* 2014). La participation des acteurs de la filière (notamment des éleveurs, des organismes d'appui techniques, de sélection et de production du fromage de Roquefort) s'est échelonnée tout au long du projet et a permis de construire des scénarios réalistes de mise en œuvre de la monotraite afin d'identifier et de mesurer ses impacts à l'échelle de l'exploitation, puis du bassin de collecte dans le Rayon de Roquefort.

2 / Ingestion, état corporel et métabolisme énergétique

Sur les deux sites expérimentaux, le personnel animalier n'a constaté aucun

comportement anormal en début de passage en monotraite : pas de vocalisation au moment de la traite du soir, pas d'inconfort particulier pour le couchage, et aucun signe d'excitation ou d'énervement. De la même manière aucune manifestation particulière d'inconfort ne s'est produite à la traite du matin. Les résultats de dosage du cortisol obtenus sur les brebis du site de La Fage n'ont pas montré la moindre différence entre les jours avant et après monotraite, chez les brebis primipares comme chez les multipares, témoignant d'une absence de sollicitation physiologique de l'animal pour s'adapter à cette nouvelle conduite.

2.1 / Quantités ingérées

À La Fage, les QI journalières des primipares comme des multipares ont été relativement constantes d'une campagne à l'autre et peu différentes en moyenne selon le mode d'alimentation (en lot ou individuel). Pour tous les essais, quels que soient la parité et le mode d'alimentation, les QI n'ont pas été différentes entre les brebis des lots 1T ou 2T (tableau 1). Les QI des multipares ont été en moyenne de $3,1 \pm 0,12$ kg et celles des primipares de $2,4 \pm 0,26$ kg. Lors des essais en mesures individuelles, les QI ont été significativement différentes selon le nombre d'agneaux allaités (1 ou 2). Les multipares ayant allaité 2 agneaux ont consommé $+ 0,29$ kg de MS en moyenne. Pour les primipares ayant allaité 2 agneaux, les QI ont été soit identiques soit supérieures de 0,2 kg. Ces résultats indépendants du nombre de traites quotidiennes, sont conformes à ceux observés chez les brebis (Salgado 2007), les chèvres (Komara *et al* 2010) et les vaches laitières (Rémond *et al* 2005, Guinard-Flament *et al* 2007, Ferris *et al* 2008), lorsque les animaux conduits en monotraite sont alimentés comme ceux conduits en traite biquotidienne. Pour les

quatre années de mesures individuelles, le bilan énergétique des deux lots a été positif, mais celui des brebis du lot 1T a été supérieur à celui des brebis du lot 2T. Les taux de couverture des besoins énergétiques des brebis des lots 1T et 2T étaient respectivement de 126 et 118% pour les primipares, et de 129 et 117% pour les multipares.

Sur le site de La Cazotte, les QI des lots 2T n'ont pas été différentes de celles des lots 1T₁₀₀ (tableau 1). Les consommations de fourrages ont été sensiblement identiques d'une année sur l'autre (de 1,87 à 2,26 kg/j). Pour les autres lots 1T, l'apport variable d'aliments concentrés n'a pas eu d'influence significative sur l'ingestion des fourrages (2,0 à 2,1 kg). L'ingestion plus faible observée dans les lots 1T est due à un apport moindre en concentrés. Ces résultats sont en accord avec les seuls résultats comparables observés chez la vache laitière (Rémond *et al* 2005) où l'ingestion des fourrages distribués à volonté à des lots 1T a peu varié, voire à eu tendance à augmenter lorsque l'apport de concentrés diminuait. Pour les lots 1T avec un ajustement des apports de concentrés à la production initiale attendue (1T₇₅) et réajustés après 40 jours de monotraite (1T_{75C}), une économie respectivement de 12 et 43 kg de MS de concentrés par brebis (sur 105 j) a été enregistrée sans différence notable de la production de lait avec celle du lot 1T₁₀₀. Ce résultat diffère de celui observé chez la vache laitière où l'ajustement des apports à la production de lait a diminué celle-ci (Rémond et Pomiès 2005), mais il est vrai avec un mode de complémentarité individuel.

2.2 / Poids vif et état corporel

À La Fage, sur les essais 2010 à 2014 pendant la période de bergerie exclusive, les brebis ont en moyenne pris du poids avec des écarts plus ou moins importants

selon les années. Cette prise de poids a été significativement ou en tendance toujours supérieure pour les brebis des lots 1T. Ainsi les brebis des lots 1T et 2T ont repris en moyenne respectivement $4,5 \pm 2,0$ kg et $2,8 \pm 1,8$ kg pour les multipares et $1,5 \pm 0,9$ kg et $0,6 \pm 0,4$ kg pour les primipares. À La Cazotte, la même tendance a été observée avec toutefois des écarts plus grands : $10,1 \pm 4,2$ kg pour les lots 2T et $11,3 \pm 4,5$ kg pour les lots 1T.

Sur les deux sites, la NEC moyenne en début d'essai a été de $2,8 \pm 0,2$ à La Fage et de $2,5 \pm 0,3$ à La Cazotte. En fin de période de bergerie exclusive, elle a augmenté pour atteindre en moyenne respectivement $3,0 \pm 0,3$ et $2,8 \pm 0,3$. Aucune différence de NEC ou d'écart n'a été observée entre les lots 2T et 1T sur aucun des deux sites. Cependant, les brebis multipares des lots 1T ont eu tendance à reprendre plus de NEC (ou à en perdre moins pour certaines années) que celles des lots 2T.

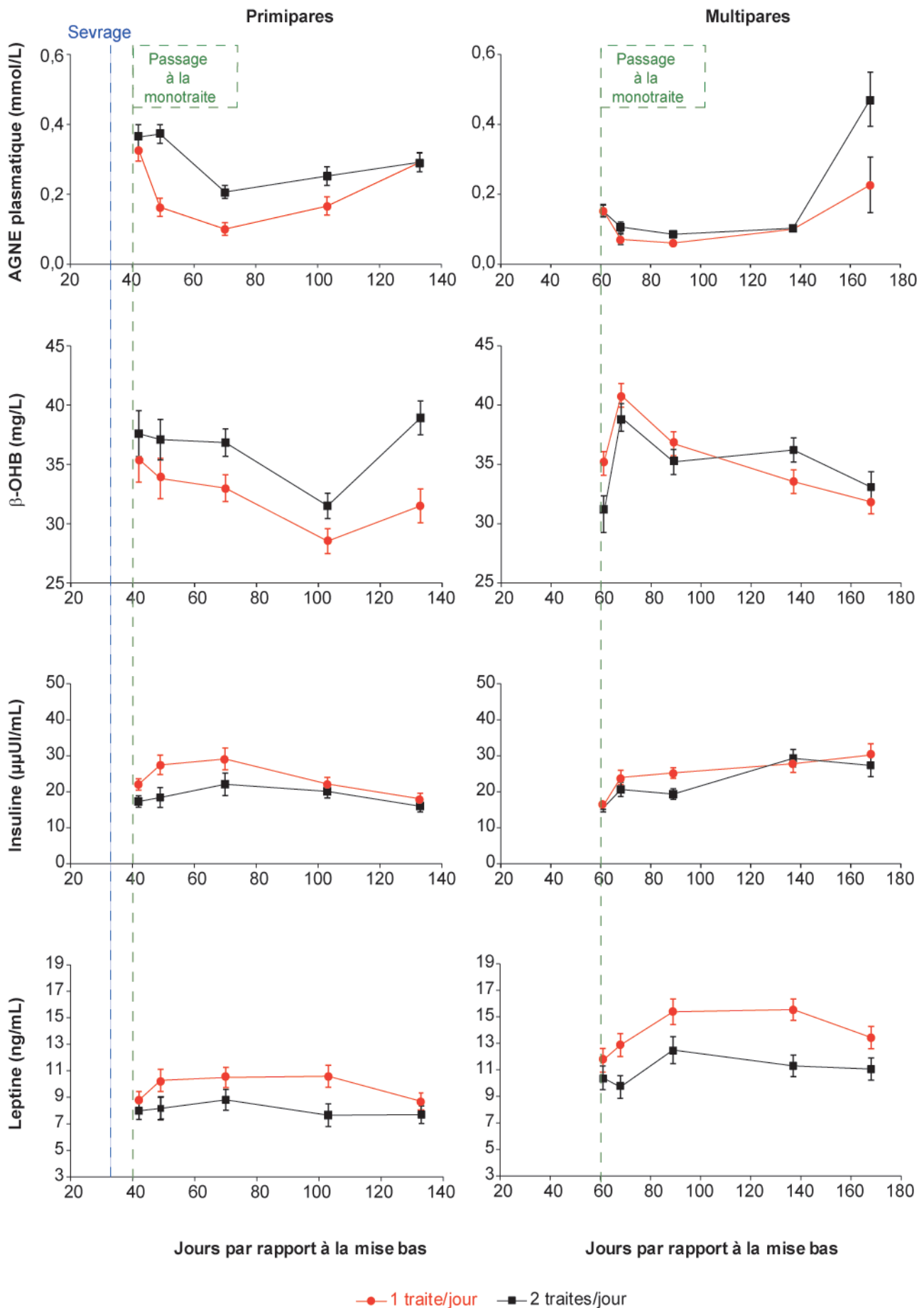
Ces résultats indiquent un bilan énergétique positif des brebis des lots 1T supérieur à celui des brebis des lots 2T, ce que confirme l'analyse des paramètres métaboliques décrite ci-après. Ces observations sont conformes à celles rapportées par Rémond et Pomiès (2005) lorsque les vaches laitières conduites en monotraite ou traite biquotidienne sont alimentées de manière identique. Les résultats de quelques essais en petits ruminants faisant état de variation de poids ou de NEC, sont également non significatifs, mais obtenus soit sur une courte durée (5 semaines) en monotraite (Salgado 2007), soit avec une ration ajustée au niveau de production (Papachristoforou *et al* 1982). Sur l'ensemble de la lactation (dernières mesures faites avant le flushing en mai ou juin selon le site), les écarts de poids et de NEC sont restés en tendance en faveur des lots 1T.

Tableau 1. Quantités ingérées totales (kg MS/j/brebis) mesurées sur des brebis conduites en traite biquotidienne (2T) ou en monotraite (1T) ; alimentées à La Fage avec une ration mélangée ou du foin à volonté et des concentrés ; alimentées à La Cazotte à base de fourrages à volonté et de concentrés distribués soit au même niveau que les lots 2T (1T₁₀₀), soit au niveau de production de lait attendu en début de monotraite (1T₈₅, 1T₇₅, 1T_{75C}), soit à un niveau intermédiaire (1T₉₂).

Site		La Fage				La Cazotte					
		Primipares		Multipares		Multipares					
Lot		2T	1T ₁₀₀	2T	1T ₁₀₀	2T	1T ₁₀₀	1T ₉₂	1T ₈₅	1T ₇₅	1T _{75c}
Effectif		24	24	24	24	25	25	25	25	25	25
Période de mesure	2009-14	2,43 ^a	2,41 ^a	3,17 ^b	3,09 ^b						
	2010-11					3,54 ^a	3,24 ^a	3,14 ^b	3,04 ^b		
	2011-12					3,32 ^a	3,17 ^{ab}			3,13 ^{ab}	2,97 ^b

Les valeurs sur même ligne ayant des exposants (a, b) différents sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Figure 1. Evolution du profil métabolique des brebis Lacaune, primipares et multipares, soumises à une ou deux traites par jour, deux semaines après le sevrage des agneaux (essai La Fage 2010).



2.3 / Métabolisme énergétique

Sur les deux sites, la mobilisation des réserves corporelles en début de traite a été plus faible chez les brebis des lots 1T par rapport à celles des lots 2T.

A La Fage, les brebis des lots 1T (avec mesure individuelle des QI), ont eu un bilan énergétique positif supérieur à celui des lots 2T et ce de façon plus marquée pour les primipares. Ces dernières ont montré des intensités de mobilisation des réserves corporelles plus importantes dans les lots 2T comme l'illustrent les concentrations plasmatiques plus importantes des AGNE et plus faibles d'insuline et leptine chez les primipares du lot 2T (figure 1). Les concentrations en AGNE baissent rapidement dès le sevrage (résultats non présentés), et à partir du passage en monotraite plus rapidement pour les animaux des lots 1T, dont la PL est immédiatement plus faible dès la première semaine de passage en monotraite, alors que pour les brebis des lots 2T, la diminution avec l'avancement du stade de lactation est normale (figure 1).

Ce phénomène a été observé dans tous les essais, et confirme que les brebis des lots 1T ou 2T ne sont plus en phase de mobilisation des réserves corporelles dès la première semaine après le sevrage. La parité (comparaison primipare vs multipare effectuée seulement en 2010), la taille de la portée, le stade de lactation et la fréquence de traite ont fortement influencé les profils métaboliques des brebis Lacaune (González-García *et al* 2015). Ces résultats montrent bien un arrêt de la mobilisation et une reconstitution des réserves corporelles, qui se manifeste rapidement dès la première semaine en monotraite comme cela a été observé chez la vache laitière en début de lactation (Loiselle *et al* 2009). Chez les multipares, le bilan énergétique positif

du lot 1T (figure 1) a été supérieur à celui du lot 2T avec des taux de leptine plus élevés (González-García *et al* 2015). Sur le site de La Cazotte (tableau 2) comme à La Fage, les concentrations en AGNE et en insuline ont été respectivement plus élevées et plus basses chez les brebis des lots 2T par rapport aux autres lots et ce quelle que fut la taille de la portée. L'ajustement de la ration pour le lot 1T_{75C} n'a pas eu d'effet plus marqué sur les paramètres métaboliques et hormonaux en comparaison avec les autres lots en monotraite.

Comme cela a été observé à La Fage, les brebis des lots 1T₁₀₀, alimentées comme celles des lots 2T, ont eu un bilan énergétique positif. Les résultats des autres lots 1T montrent qu'il est possible d'ajuster régulièrement les apports au niveau de production des animaux sans pénaliser la reprise de poids ou la production laitière (cf. sous-chapitre 2.4). Notons cependant que ces résultats ont été obtenus avec des rations fourragères de très bonne qualité distribuées à volonté. Compte tenu des premiers résultats obtenus, il semblerait donc possible de réaliser des économies significatives d'aliments concentrés en utilisant la capacité biologique des brebis à utiliser leurs réserves corporelles pour compenser la réduction des apports d'énergie.

3 / Performances laitières et santé de la mamelle

3.1 / Production de lait, qualité du lait et conditions de traite

Les résultats présentés au tableau 3 pour les mesures faites à La Fage, portent sur 470 lactations de 333 brebis, dont 234 primipares et 236 multipares, réparties à parité en monotraite et traite biquo-

tidienne au domaine de La Fage. Ils concernent la période de monotraite qui débute au 53^{ème} et 50^{ème} jour de lactation, soit 129 et 169 jours de monotraite respectivement en primipares et multipares. La baisse de production laitière en monotraite a varié selon les années (essais) de 6 à 20% pour les primipares, et de 8 à 17% pour les multipares. En moyenne, les primipares et les multipares présentent à La Fage une perte de PL identique de 14% sur toute la période de monotraite (4 à 5 mois). A La Cazotte, la perte de PL des multipares est un peu plus forte (14 à 23% selon les lots ; tableau 4), avec un niveau de production initiale en traite biquotidienne plus élevé et un passage en monotraite plus précoce de 10 à 20 jours. Pour les animaux en monotraite à La Fage, le TB a eu tendance à être moins élevé de 2,2%, alors que le TP a été supérieur de 4,5% pour les primipares. Pour les multipares, le TB n'a pas été affecté alors que le TP a augmenté de 2,5%, d'où un rapport TB/TP significativement plus faible dans les deux cas. A La Cazotte, hormis le TB du lot 1T₁₀₀ de 2011 plus faible, aucun effet significatif de la monotraite n'a été observé sur le TB, le TP et le rapport TB/TP. Ainsi, avec une ration mélangée distribuée à volonté (La Fage) à des primipares et des multipares, le TB n'a pas été modifié, voire a eu tendance à diminuer pour les primipares, tandis que le TP a augmenté dans les deux cas. En revanche, lorsque l'apport de concentrés est ajusté à la baisse de production laitière (La Cazotte), les TB et TP ne sont pas modifiés. L'ajustement de l'alimentation au niveau de production réelle en monotraite apparaît donc comme favorable à la composition chimique du lait, tout en contribuant à la maîtrise des coûts de production, sans induire de baisse supplémentaire de la production laitière (Barillet *et al* 2013), à l'inverse du constat fait pour les vaches laitières (Rémond *et al* 2005).

Tableau 2. Effets de la taille de la portée (à la mise-bas et allaitée) sur le profil métabolique des brebis Lacaune multipares à La Cazotte (2012) soumises à une (1T) ou deux traites (2T) quotidiennes et recevant des rations ajustées (1T₇₅ et 1T_{75C}) ou non (1T₁₀₀) au niveau de production. Les moyennes des moindres carrés de chaque groupe expérimental correspondent à la période de 1 semaine jusqu'à 3,5 mois après le passage à la monotraite.

Taille de portée	Simple				Multiple			
	2T	1T ₁₀₀	1T ₇₅	1T _{75C}	2T	1T ₁₀₀	1T ₇₅	1T _{75C}
AGNE (mmol/L)	0,20 ^a	0,12 ^b	0,12 ^b	0,11 ^b	0,17 ^a	0,14 ^b	0,15 ^b	0,09 ^c
β-OHB (mg/L)	40,2 ^{ab}	40,0 ^a	37,8 ^a	35,1 ^c	41,4 ^a	39,2 ^{ab}	37,4 ^b	36,0 ^b
Insuline (μUI/mL)	27,2 ^b	49,8 ^{aA}	36,1 ^b	30,8 ^b	33,1 ^{ab}	28,6 ^{bB}	40,6 ^a	35,1 ^{ab}
Leptine (ng/mL)	13,3	14,2	13,4	12,3	11,9	12,1	12,9	12,8

AGNE = Acides Gras Non Estérifiés ; β-OHB = β-hydroxybutyrate.

Les valeurs avec des exposants différents en minuscules (comparaison entre régime intra parité) ou en majuscule (comparaison entre parité intra régime) sont significativement différentes (P < 0,01).

Tableau 3. Résultats des mesures de Production Laitière (PL), des Taux Butyreux (TB) et Protéique (TP) du lait, de la santé de la mamelle (CCS) et de la vitesse de traite pour les primipares et les multipares conduites en traite biquotidienne (2T) ou monotraite (1T), au domaine INRA de La Fage, pendant toute la période de monotraite débutant au 50^{ème} jour de lactation.

	Primipares				Multipares			
	2T ⁽¹⁾	1T ⁽¹⁾	Effet nombre de traites	Différence (%)	2T ⁽¹⁾	1T ⁽¹⁾	Effet nombre de traites	Différence (%)
Durée de traite (j)	129	129	NS	-	169	169	NS	-
PL (L)	188	162	****	- 14	289	249	****	- 14
TB (g/L)	71,2	69,6	NS	-	71,8	70,9	NS	-
TP (g/L)	54,0	56,6	***	+ 4,5	56,0	57,4	***	+ 2,5
TB/TP	1,32	1,23	***	- 6,8	1,28	1,24	***	- 3,1
CCS (x1000/mL)	220	225	NS	-	265	285	NS	-
Temps de latence (s)	25,7	23,7	*	- 8	26,7	23,7	*	- 10
Temps de traite (s)	150	163	***	+ 9	160	175	***	+ 9

⁽¹⁾ : moyennes ajustées pour les effets essai (année), nombre d'agneaux allaités, numéro de lactation.

CCS = Comptage de cellules somatiques (moyenne géométrique).

Effet du nombre de traites journalières : NS = Non Significative, P > 0,05, * = P < 0,05, ** = P < 0,01, *** = P < 0,001, **** = P < 0,0001.

Différence en % si l'effet du nombre de traite journalières est significatif.

Tableau 4. Résultats des mesures de Production Laitière (PL), des Taux Butyreux (TB) et Protéique (TP) du lait, du rapport TB sur TP et de la santé de la mamelle (CCS) pour les brebis multipares conduites en traite biquotidienne (2T) ou monotraite (1T), pendant toute la période de monotraite pour les essais de 2010-2011 et 2011-2012 à la Cazotte.

	2011				2012			
	2T	1T	1T ₉₂	1T ₈₅	2T	1T	1T ₇₅	1T _{75c}
Durée de traite (j)	193	194	193	194	198	198	198	198
PL (L)	372 ^A	285 ^B (- 23%)	314 ^B (- 16%)	307 ^B (- 17%)	387 ^A	324 ^B (- 16%)	332 ^B (- 14%)	303 ^B (- 22%)
TB (g/L)	75,1 ^a	71,3 ^b	74,3 ^a	77,1 ^a	73,3	74,3	73	76,1
TP (g/L)	57,5	56,1	56,8	58,3	57,9	58,6	58,7	57,8
TB/TP	1,31	1,27	1,31	1,32	1,27 ^a	1,27 ^a	1,25 ^a	1,32 ^b
CCS (x1000/mL)	246	168	158	115	155	170	83	202

CCS = Comptage de Cellules Somatiques (moyenne géométrique) ; Pour chaque année et pour une même ligne, les valeurs avec des exposants différents sont significativement différentes (a,b = P < 0,05 ; A,B,C = P < 0,001).

Pour les deux sites et pour tous les essais (tableaux 3 et 4), la conduite prolongée en monotraite n'a pas entraîné d'augmentation des CCS, c'est-à-dire de mammites subcliniques ou chroniques constituant la pathologie dominante de la mamelle des brebis laitières (Bergonnier *et al* 2003), alors que la vitesse de traite du matin a été significativement accrue de 8 à 10% en monotraite à La Fage selon la parité (tableau 3).

Nos résultats sur brebis primipares (résultats inédits) et multipares pendant

toute la période de traite exclusive, confirment donc la bonne aptitude à la monotraite de la brebis Lacaune contemporaine après 50 ans de sélection laitière (Barillet *et al* 2016, ce numéro).

3.2 / Perte laitière instantanée et perte laitière pendant toute la période de monotraite

La période de 2 semaines de traite biquotidienne, du 35^{ème} au 50^{ème} jour de lactation, pratiquée à La Fage entre le

sevrage des agneaux et le début de la période de monotraite, pour constituer des lots équilibrés à chaque essai (cf. § 1.1), a également permis de calculer la perte instantanée entre ces 2 semaines de traite biquotidienne et les 2 premières semaines de monotraite. Cette perte instantanée, imputable au passage à la monotraite, a été plus marquée pour les primipares (22%) que pour les multipares (15%), alors qu'au final la perte complète pendant toute la période de monotraite a été la même (14%). Il y a donc une meilleure compensation des primipares

pendant toute la période de monotraite, comme les figures 2 et 3 l'illustrent. La meilleure récupération des primipares est-elle imputable à la parité, à un passage au pâturage plus précoce, à un meilleur bilan énergétique ou à d'autres facteurs ? Quoiqu'il en soit, ces résultats inédits chez des brebis primipares de race Lacaune sont d'autant plus intéressants que la morphologie interne de la mamelle n'est pas affectée pour la suite de leur carrière (cf. § 2.6). Une analyse individuelle est présentée et discutée dans Barillet *et al* (2016, ce numéro).

3.3 / Impact de la répétition de la monotraite sur la carrière zootecnique des brebis

L'effet du nombre de lactations successives en monotraite a été pris en compte dans l'analyse finale en plus des autres facteurs décrits dans le tableau 3. Il ressort de cette analyse supplémentaire que le nombre de répétitions (lactations successives en monotraite) n'est jamais significatif pour aucune des variables analysées. Ainsi, le fait de répéter la pratique de la monotraite, depuis la première lactation et au fil des lactations suivantes, n'a donc induit aucun effet dépressif sur la production laitière ou la santé de la mamelle, comme cela a été également observé avec des chèvres laitières (Marnet et Komara, 2008). En tout début de traite (les 2 premières semaines en traite biquotidienne), la PL des brebis en monotraite dans la lactation antérieure, n'a pas été différente de celle des brebis de même numéro de lactation conduites en traite biquotidienne.

4 / Composition fine des laits de mélange et fabrication fromagère

4.1 / Effets de la monotraite sur la composition des laits de mélange et le rendement fromager

Pour les primipares comme pour les multipares, le TP et les taux de matières azotées totales ($MAT = N \times 6,38$) ont été significativement plus élevés pour les laits des brebis en monotraite. Cette concentration en MAT plus élevée a été principalement due à une augmentation de la fraction en azote soluble (22,3 vs 20,6% pour les primipares), alors que la fraction non protéique a été plus faible.

La fréquence de traite n'a pas eu d'effet significatif sur le rendement fromager brut (exprimé en litres de lait nécessaire pour fabriquer 1 kg de fromage) quelle que soit la parité. Corrigé pour un extrait sec à 51,25%, ce rendement a été légèrement supérieur pour les laits des brebis

Figure 2. Courbes moyennes de production laitière des brebis multipares conduites en traite biquotidienne (2T) ou en monotraite (1T) pour les campagnes d'essais de 2010 à 2013 au domaine INRA de La Fage.

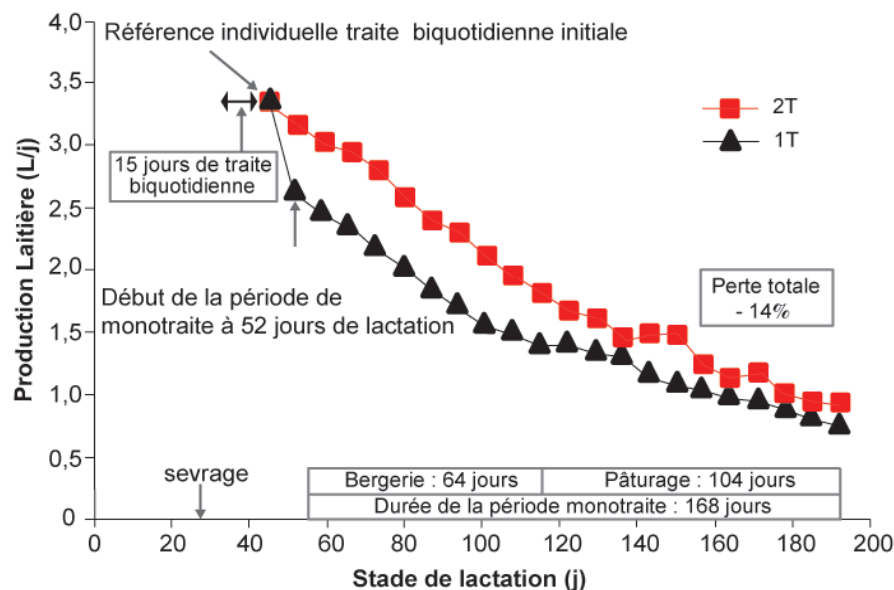
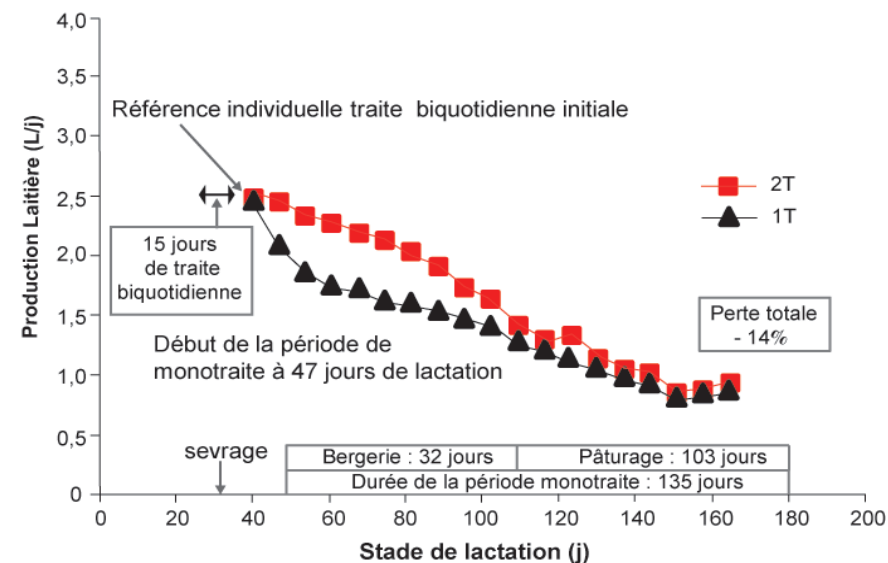


Figure 3. Courbes moyennes de production laitière des brebis primipares conduites en traite biquotidienne (2T) ou en monotraite (1T) pour les campagnes d'essais de 2010 à 2013 au domaine INRA de La Fage.



en monotraite. En revanche, exprimé en g de Matière Sèche Utile (MSU) /kg de fromage à 51,25% d'extrait sec, le rendement fromager pour les primipares a été significativement inférieur avec les laits des brebis en monotraite (556,5 vs 550,1). Il fallait donc plus de grammes de MSU pour fabriquer 1 kg de fromage. Pour les multipares, une tendance dans le même sens a été observée, mais doit être prise avec précaution étant donné le faible nombre de laits ($n = 14$) analysés.

Chez les bovins, bien qu'elle entraîne une augmentation du temps de coagulation et de la vitesse de raffermissement sans effet sur la fermeté des gels ou avec une fermeté améliorée, la monotraite n'a pas d'effet sur l'acidification, les cinétiques de drainage des fromages et le

rendement fromager. Malgré une augmentation de la quantité de MSU dans le lait, la diminution du ratio caséines/protéines entraîne une moindre récupération de caséines dans le caillé et une perte accrue de protéines solubles dans le lactosérum, d'où globalement une absence d'effet de la monotraite (Guinard-Flament *et al* 2013). Par ailleurs, la monotraite ne semble avoir qu'un effet très faible sur les propriétés chimiques et sensorielles des fromages de type Cantal (Martin *et al* 2009).

Chez la chèvre, la monotraite ne semble pas avoir d'effet sur le rapport caséines/protéines solubles, malgré l'augmentation du TP. Les rendements fromagers réels ne sont pas significativement meilleurs en monotraite (Pomiès *et al* 2008).

Dans nos essais, les rendements fromagers ont été faiblement corrélés à la teneur en protéines solubles de la MAT ($r = 0,33$). Le faible nombre de fabrications fromagères classiques de type Roquefort réalisées seulement à 3 reprises avec un faible litrage (car non prévues au démarrage du projet), n'a pas permis de tirer des enseignements clairs sur l'impact de la monotraite sur la qualité des fromages.

4.2 / Effets de la monotraite sur la composition fine des laits de mélange

Les composants de la matière grasse (MG, en g/100g de lait) ont été globalement peu modifiés par la fréquence de traite. Seules les concentrations en acides gras saturés des laits des primipares et en acides gras insaturés des laits des multipares en monotraite ont légèrement diminué. Exprimés en g/100 g de MG, la composition fine de la MG n'a pas été modifiée par la monotraite, excepté les acides gras polyinsaturés (AGPI) légèrement plus élevés pour les primipares en monotraite.

Le taux de caséines totales a été significativement inférieur pour les multipares en monotraite (4,36 vs 4,56 g/100g de lait) mais pas pour les primipares (3,96 g/100g de lait). C'est surtout la composition fine en protéines qui a été différente entre les laits des brebis des lots 1T et 2T, avec des concentrations moins élevées en caséines α -s1, β et κ et une concentration plus élevée en protéines solubles. Cette différence a été plus marquée lorsque les compositions ont été exprimées en pourcentage de la matière protéique (MP) et semblait durer une grande partie de la lactation au moins pour la caséine β (résultats non présentés). La teneur en caséine β de la MP des laits de brebis en monotraite comparée à celle des brebis en traite biquotidienne a été de 32,64 vs 34,75% pour les primipares et 33,74 vs 36,03% pour les multipares. Les taux de protéines solubles, légèrement plus élevés en monotraite sont à prendre avec précaution étant donné une équation de prédiction moins précise que pour les caséines. Dans plusieurs essais avec des bovins, caprins, et ovins, la monotraite provoque une augmentation du TP (Guinard-Flament *et al* 2013, Marnet *et al* 2005, Lefrileux *et al* 2008). Chez les bovins, celle-ci s'accompagne d'une modification de la composition de la MP en lien avec plusieurs mécanismes (Stelwagen *et al* 2013 ; Guinard-Flament *et al* 2013). L'augmentation du taux de protéines solubles dans le lait aurait pour origine un afflux de protéines du sérum sanguin, ainsi que la protéolyse. Une synthèse *de novo* de ces protéines a également été évoquée chez la chèvre (Komara *et al* 2009). Chez les ovins,

Castillo *et al* (2008b), dans une étude sur l'allongement de l'intervalle de traite, ont également relié l'augmentation du TP (maximal après 20 h d'intervalle de traite) à une augmentation des protéines sériques dans le lait par perte de l'intégrité des jonctions serrées de l'épithélium mammaire. Ils ont aussi montré que l'activité de la plasmine augmente jusqu'à 20 h d'intervalle de traite. Mais cet essai s'est déroulé sur une courte période et n'a pas rendu compte d'une situation de monotraite prolongée.

5 / Anatomophysiologie de la mamelle

5.1 / La monotraite modifie-t-elle la forme de la mamelle au cours de la lactation et des lactations successives ?

L'analyse par échographie a montré que chez les brebis multipares la surface citernale n'est pas modifiée significativement entre le lot 2T et le lot 1T. Il n'y a donc pas de déformation des mamelles suite à la réduction du nombre de traites et au cours du temps. Néanmoins, en début de campagne, il a été difficile d'évaluer la surface citernale interne réelle des mamelles des multipares, car elles étaient trop volumineuses pour être intégralement visualisées dans la profondeur de champ de lecture des sondes échographiques disponibles sur le marché (pas plus de 15 cm). Cette limite a été également signalée par Rovai *et al* (2008) et Castillo *et al* (2008b) avec cette technologie. Chez les primipares, aux mamelles plus petites, cette analyse a été plus fiable. La surface citernale a été significativement plus importante chez les brebis du lot 1T. Ces mêmes animaux devenus multipares, n'ont plus montré cette différence les années suivantes. La mamelle des primipares, dont la croissance n'est pas terminée en début de campagne, s'adapterait donc rapidement au stockage d'une quantité plus importante de lait sans affecter anormalement la morphologie interne comme externe des mamelles pour la suite de leurs carrières.

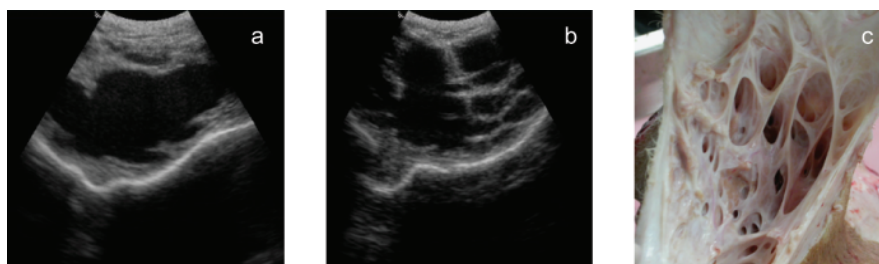
La répartition du lait dans la mamelle, mesurée après 12 h d'accumulation de

lait, a été la même pour les brebis des lots 2T et 1T, quelle que soit la parité. La part du lait citernal a été de $78 \pm 0,9\%$ chez les primipares et de $81 \pm 0,7\%$ chez les multipares, ce qui est en accord avec les observations de McKusick *et al* (2002), Castillo *et al* (2008b) et Rovai *et al* (2008). Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées chez les brebis Sarde, connues pour leurs importantes citernes (Nudda *et al* 2002). Ceci témoigne de l'évolution importante du volume citernal des brebis Lacaune au cours des dernières décennies qui s'est accru avec la production laitière. Il n'y a donc pas de modification significative de la répartition du lait et de déformation mammaire pérenne au profit de la zone citernale sous l'effet de l'accumulation du lait en monotraite.

5.2 / La structure interne de la mamelle présente-elle un lien avec l'aptitude à la monotraite ?

Sur plus de 3000 échographies réalisées, nous avons pu observer de grandes différences de morphologie interne des mamelles. Certaines avaient des parois externes ou internes très épaisses ou très fines, mais cela n'a pas semblé affecter la réponse à la monotraite. En revanche, nous avons décrit deux types de compartimentation interne des mamelles (figure 4), celles avec des citernes totalement vides de structures et celles très alvéolées. Il ressort de nos analyses que ces dernières seraient significativement moins aptes à la monotraite bien que la différence quantitative soit très faible (1,5% de perte en moyenne). Enfin, le volume global de lait citernal, corrélé positivement à la surface interne des citernes évaluées par échographie, présente aussi une corrélation significativement négative avec les pertes individuelles relatives de chaque brebis, confirmant un lien entre volume citernal et aptitude à la monotraite. Cependant, cette relation est faible et ne représente plus aujourd'hui que quelques pourcents des facteurs explicatifs de cette variabilité des pertes. Nous pouvons donc conclure qu'il ne s'agit plus aujourd'hui d'un point vraiment limitant chez la brebis Lacaune contemporaine qui rejoint en ce sens les chèvres Alpine (Marnet et Komara 2008).

Figure 4. Echographie et photographie de dissection de citernes de glande mammaire (a) peu compartimentée, (b) et (c) très compartimentées.



5.3 / La monotraite affecte-t-elle la structure alvéolaire ?

Des coupes histologiques fines nous ont permis d'analyser quelques mamelles d'animaux extrêmes en termes de pertes en monotraite (pertes inférieures à 5% ou supérieures à 25%). Sans que les effectifs nous permettent de conclure, nous avons cependant observé une faible réduction du nombre de lobules mammaires chez les animaux en monotraite suggérant la disparition de certaines zones sécrétrices de la mamelle pour adapter le potentiel de production à la capacité de stockage du lait. Cependant, aucune différence dans les taux de mort cellulaire programmée (apoptose) ou de prolifération cellulaire n'étant détectable entre animaux des lots 2T et 1T, il semble que l'adaptation ne passe pas par un remodelage tissulaire fort. Le diamètre des alvéoles ne bougeant pas, l'adaptation ne se fait pas non plus par la diminution du nombre de cellules par alvéole. L'adaptation ferait donc appel à une régulation légère de la synthèse comme déjà démontré chez les chèvres Alpine (Ben Chedly *et al* 2011).

5.4 / Impacts de la monotraite sur l'intégrité de l'épithélium mammaire

L'épithélium sécréteur mammaire est constitué d'une couche unicellulaire très fragile. Le lait étant incompressible, tout excès de pression (chocs dus à la marche, pression au repos couché...) se ressent immédiatement sur cette fragile structure qui cède et doit se réparer en permanence entraînant des échanges entre le lait et le milieu sanguin. Il était légitime de s'interroger sur l'impact d'une accumulation du lait pendant 24 h, et de l'accroissement de la pression intra-mammaire qui y est associée, sur l'état de cet épithélium. Les multipares ont présenté une augmentation significative du passage du lactose dans le sang (figure 5) 24 h après le passage à la monotraite (35,7 vs 22,6 mg/L) (Vanbergue *et al* 2013). Les mesures réalisées à J2 et J9 indiquent une récupération de l'étanchéité de l'épithélium sécréteur immédiatement après 24 h de passage en monotraite. Cela témoigne d'une perturbation très transitoire avec adaptation rapide à la monotraite par la réduction du volume produit et un renforcement des jonctions serrées entre cellules, ce qui conforte les observations de Castillo *et al* (2009). Les primipares ont présenté également une augmentation significative du lactose dans le sang (figure 5) 24 h après le passage à la monotraite (56,3 vs 23,2 mg/L), mais cette fuite a persisté à J2 (40,4 vs 26,3 mg/L). L'augmentation de la perméabilité mammaire consécutive à la monotraite s'est réduite à J9, avec une tendance au retour

aux niveaux initiaux de la lactosémie. L'étanchéité a été ainsi récupérée après une semaine. Avec un retour à la normale plus tardif que chez les brebis adultes, les brebis primipares ont donc été 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 dans une citerne réduite, ce qui explique aussi l'adaptation rapide de ce volume citernal pour leur permettre de supporter cette conduite. Nous avons noté que les profils cinétiques individuels de lactosémie sont très hétérogènes et reflètent une diversité d'adaptation des brebis à la monotraite. En effet, si nombre de brebis primipares s'adaptent en 24 h à la monotraite, d'autres (5/23) ne retrouvent pas leur état initial même après 50 jours. La concentration en électrolytes (K⁺, Na⁺) est également perturbée (figure 5) mais de manière variable selon la parité. Chez les multipares, on observe, après le passage en monotraite, une diminution de la kaliémie qui reste significativement réduite jusqu'à J50 (1255 vs 1389 mg/kg). Chez les primipares, nous avons observé une diminution de la kaliémie et une augmentation de la natrémie dans le lait après le passage en monotraite. Nous avons donc un ratio Na⁺/K⁺ plus élevé chez les brebis conduites en monotraite. Ce ratio reste significativement supérieur dans le lot 1T comparativement au lot 2T à J50 (0,42 vs 0,32). Ces résultats rejoignent ceux obtenus chez la chèvre Alpine (Boutinaud *et al* 2003) où des perturbations du ratio Na⁺/K⁺ restent sensibles dans le lait 24 jours après le passage à la monotraite mais sans affecter la qualité technologique des laits. On peut donc supposer que le rétablissement de l'étanchéité de l'épithélium à ces électrolytes n'est pas total à J50, à l'inverse de celle au lactose. Un dérèglement des pompes Na⁺/K⁺ des membranes

pourrait aussi l'expliquer. Nous notons que les profils cinétiques de concentration en Na⁺ et K⁺ dans le lait sont aussi très hétérogènes et reflètent, là encore, une diversité de réponse des brebis à la monotraite.

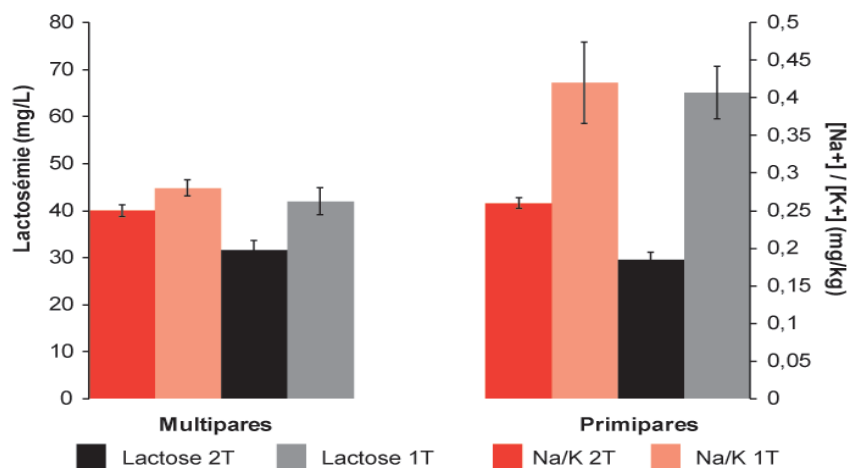
Ces fortes variabilités de réponse dans la récupération de l'étanchéité de l'épithélium sont une piste à approfondir en lien avec l'aptitude à la monotraite. Ainsi par exemple, une mesure de lactosémie après suppression d'une traite (24 h d'intervalle) sur un animal en traite biquotidienne pourrait être un critère phénotypique d'intérêt pour la sélection des brebis laitières que l'on souhaiterait utiliser pour la monotraite.

6 / La modélisation pour évaluer l'impact de la mise en œuvre de la monotraite : de la brebis au bassin de collecte

6.1 / Simulation à l'échelle des exploitations et du bassin de collecte

Un simulateur (BOUSSOLE) a été développé pour représenter une exploitation ovine laitière du Rayon de Roquefort. Son élaboration repose sur l'utilisation des cas-types (Institut de l'Élevage, 1999), et sur l'intégration de connaissances empiriques et scientifiques (Lurette *et al* 2014). Sept cas-types ont été construits dans le cadre du projet Roquefort'in, à partir d'un réseau de 30 élevages suivis dans le dispositif Inosys Réseaux d'élevage, pour illustrer la diversité des 2042 exploitations (année 2010) livrant du lait à l'Interprofession de Roquefort, dans des contextes pédo-climatiques et avec des périodes de pro-

Figure 5. Intégrité de l'épithélium mammaire chez les brebis primipares et multipares conduites en monotraite (1T) ou en traite biquotidienne (2T).



Les maxima des valeurs de lactose et du ratio Na⁺/K⁺ sur la période de mesure sont présentés ± erreur type de la moyenne.

duction laitière variables (tableau 5). Le simulateur est composé de trois modules : *i*) le troupeau et son alimentation, *ii*) les cultures et le système fourrager et *iii*) l'économie de l'exploitation. Le troupeau est représenté par des lots d'animaux, et sa production est simulée en utilisant les courbes de prédiction de la production laitière individuelle proposées par Lagriffoul *et al* (2003). La production fourragère des surfaces est estimée en s'appuyant sur le modèle HerbSim (Duru *et al* 2010) pour les prairies et du référentiel pastoral parcellaire (Institut de l'Élevage 1999) pour les parcours. La conjoncture économique considérée et les règles interprofessionnelles de paiement du lait sont celles de 2010. La prise en compte des variations des charges d'exploitation, lors du passage en monotraite, concerne entre autres la consommation d'eau et les dépenses d'énergie, en estimant les économies liées à la réduction de l'utilisation de la salle de traite d'après Hassoun *et al* (2013). Pour paramétrer les autres variables du simulateur nous avons utilisé : *i*) les résultats expérimentaux sur l'alimentation et la production laitière décrits plus haut ; *ii*) l'expertise des conseillers en charge des suivis Inosys Réseaux d'élevage ; et *iii*) l'expertise des chercheurs et ingénieurs de l'INRA et de l'Institut de l'Élevage. L'adaptation des pratiques associées aux leviers mobilisés est simulée selon différentes modalités de mise en œuvre de la monotraite : H1, lorsque la transition s'effectue au sevrage des agneaux ce qui correspond au premier jour de traite exclusive (livraison du lait) ; H2, lorsque la transition s'effectue autour de la date de mise à l'herbe du troupeau (environ 8 à 10 semaines après le début de traite exclusive). La situation H0 correspond à un élevage avec traite biquotidienne uniquement.

Afin de compenser la baisse du volume livré et d'améliorer le revenu, les adaptations suivantes ont été testées : *i*) augmentation du nombre de brebis ; *ii*) allon-

gement de la durée de la période de traite exclusive en début de période pour les systèmes tardifs ou en fin de période pour les systèmes précoces ; *iii*) augmentation de la contribution du pâturage quand les jours s'allongent, entre le 15 mai et le 15 juillet, afin de réduire les coûts liés aux fourrages stockés et mettre à profit des durées de pâturage potentiellement plus longues du fait de la suppression d'une traite.

Les résultats des simulations ont ensuite été mis en discussion avec 12 éleveurs suivis dans les réseaux d'élevage. Puis un bassin-type a été construit, à partir des sept cas-types d'exploitations. L'analyse de la base de données d'appui technique SIEOL (échantillon de 1 250 élevages pour lesquels un bilan technico-économique a été réalisé au cours de la campagne 2010) a permis de préciser la distribution des élevages selon ces cas-types, en fonction de leur date de début de période de traite et, le cas échéant, de l'effectif de brebis passées à la traite. Différents scénarios de passage à la monotraite au sein des exploitations du bassin-type ont été testés. L'impact du passage en monotraite est alors mesuré par trois critères : *i*) le volume de la collecte annuelle, *ii*) sa répartition au cours de l'année et *iii*) la proportion de lait issue de la période en traite biquotidienne. Les sorties des simulations ont été discutées lors des comités techniques du projet en présence de l'Interprofession et de représentants des éleveurs et des industriels.

6.2 / Résultats des simulations à l'échelle de l'exploitation

Lors du passage en monotraite dès le début de période de traite (H1), la perte de lait est légèrement variable selon la durée de la période de traite (tableau 6). Les systèmes avec période de traite courte sont plus touchés : 19% pour ROQ05 (193 jours de traite exclusive) contre

17% pour ROQ06 (273 jours). Généralement comprise entre 5 et 11%, la perte de revenu (REV) est plus importante (11%) pour le cas-type ROQ06. Pour ce dernier, la baisse de production laitière importante en début de période de traite affecte en premier lieu le lait de contre-saison valorisé à 840€/1 000 litres contrairement aux autres systèmes pour lesquels la baisse concerne le lait valorisé dans le cadre interprofessionnel au-delà du Volume Individuel de Référence à 355€/1 000 litres.

Le Travail d'Astreinte (TA) correspond aux soins journaliers aux animaux : alimentation, paillage, raclage, traite. La monotraite réduit de 70 minutes par jour le TA pour un troupeau de 480 brebis traites (Hassoun *et al* 2013). Ce qui représente pour tous les cas-types un gain de TA qui se situe autour de 10%. En tenant compte uniquement du TA associé à la traite, le gain varie autour de 45%. Le passage en monotraite plus tardif (H2) permet de retrouver un revenu proche de la situation H0 en traite biquotidienne (tableau 6), mais dans ce cas, le gain de travail est quasiment divisé par deux.

Pour chaque cas-type, il est possible de trouver une combinaison d'adaptations techniques assurant un compromis entre perte du REV et diminution du TA (tableau 6). Les combinaisons sont différentes d'un cas-type à l'autre, leurs marges de manœuvre étant différentes. Par exemple, le cas-type ROQ06 est relativement contraint du fait d'une période de traite déjà longue et d'une faible sécurité sur le plan de l'autonomie alimentaire. Avec la monotraite dès le sevrage des agneaux (H1), les scénarios avec adaptations entraînent une perte de revenu disponible de 5% en moyenne, avec un gain de 8% pour le TA. Mais tous les cas-types ne se comportent pas de la même façon. C'est notamment le cas de ROQ06 pour lequel le scénario H1 avec adaptations améliore légèrement la

Tableau 5. Description des sept cas-type modélisés, scénario initial H0 en traite biquotidienne (ovin-lait, Rayon de Roquefort).

Localisation / dénomination	UMO	SAU (ha)	Fourrages stockés	Brebis (n)	Dates		Volume de lait (hL)	Revenu annuel (k€)	TA (heure)
					début traite	fin traite			
Monts de Lacaune - ROQ01	2,0	65	Foin ventilé	340	15/12	20/07	1 030	24	2 260
Ségala - ROQ02	2,0	52	Foin/ensilage	310	20/11	15/07	910	21	2 520
Causses sud - ROQ03	2,3	96	Foin	390	20/02	31/08	850	21	2 250
Lévezou - ROQ04	2,5	92	Foin/enrub.	400	15/01	08/08	1 020	23	2 465
Causses sud - ROQ05	3,0	166	Foin	620	15/02	31/08	1 480	29	3 600
Ségala / Précoce - ROQ06	2,5	63	Foin/ensilage	410	01/09	31/05	1 350	25	3 230
Causses nord / Tardif - ROQ07	2,5	89	Foin/ensilage	480	05/03	15/11	1 480	30	3 325

UMO : Unité de Main-d'œuvre ; SAU : Surfaces Agricoles Utiles (hors parcours) ; Revenu : Revenu disponible par UMO exploitant ; TA : Travail d'Astreinte ; enrub. : enrubannage.

Tableau 6. Effets des scénarios H1 (passage en monotraite après le sevrage des agneaux) et H2 (passage en monotraite autour de la date de mise à l'herbe 8 à 10 semaines après le sevrage des agneaux) sur le volume de lait du troupeau (PL), le revenu (REV) et le travail d'astreinte (TA) (en indice ; base 100 = situation initiale H0 en traite biquotidienne) sans et avec combinaison d'adaptations pour les 7 cas-types modélisés.

	H1 sans adaptation			H1 avec adaptation			H2 sans adaptation			H2 avec adaptation		
	PL	REV	TA	PL	REV	TA	PL	REV	TA	PL	REV	TA
ROQ01	82	94	91	89	97	91	91	98	92	98	100	94
ROQ02	82	94	89	89	99	91	94	100	94	101	103	96
ROQ03	81	95	90	86	97	92	90	99	94	97	101	95
ROQ04	82	93	90	88	97	92	91	97	93	98	101	95
ROQ05	81	94	94	87	94	94	91	98	96	97	98	96
ROQ06	83	89	90	89	86	93	93	99	94	100	101	96
ROQ07	82	92	91	91	97	95	92	96	94	102	100	97
Moyenne	82	93	91	88	95	92	92	98	94	99	101	95

production laitière par rapport à la situation du scénario H1 seul, mais avec une perte de revenu plus forte (14%). Pour le scénario H2, les adaptations permettent en moyenne de retrouver la situation de H0, en particulier pour la production laitière et le revenu, mais le TA reste inchangé par rapport au H2 seul.

6.3 / Evaluation par les éleveurs

Dans l'hypothèse où la monotraite serait autorisée dans le cadre de l'AOP Roquefort, 9 éleveurs sur 12 déclarent qu'ils la mettraient certainement en œuvre, les 3 autres l'évoquant comme une possibilité. Pour la majorité d'entre eux, la mise en place de la monotraite pourrait se faire autour de la mise à l'herbe (scénario H2). Cette option réduirait l'amplitude de leur journée de travail, et procurerait de la flexibilité du travail pour les surfaces au printemps (tout particulièrement en période de récolte des fourrages). Mais ils évoquent un éventuel frein social à passer en monotraite : « on va s'entendre dire qu'on ne fait plus rien ». Concernant les adaptations techniques à mettre en œuvre pour accompagner le passage en monotraite, la moitié des éleveurs interrogés n'envisagerait aucun changement autre que le passage en monotraite et l'ajustement des aliments distribués. Les objectifs viseraient alors soit de préserver l'autonomie alimentaire de leur exploitation, soit de préserver des périodes plus calmes sur le plan du travail. Ils déclarent privilégier les gains sur le temps de travail au détriment du revenu. Le gain attendu sur le travail porte alors plus sur la souplesse d'organisation du travail d'une journée, avec une seule traite, plutôt que la diminution du TA. Aucun éleveur n'envisage de mettre en place ou de développer un atelier complémentaire essentiellement pour des raisons liées au travail.

6.4 / Impact de la monotraite sur le bassin type

Si tous les élevages du bassin passent en monotraite dès la mise en traite exclusive (H1), le volume de lait collecté présente mécaniquement une diminution de 18% par rapport à une situation initiale de traite biquotidienne. En revanche, lorsque 100% des élevages mettent en œuvre la monotraite autour de la mise à l'herbe (H2), la diminution de la collecte est plus faible (8%). Dans ce cas, 41% du lait est issu de traite biquotidienne, principalement produit entre décembre et février. Lorsque le bassin combine 50% des exploitations en H0 et 50% en H2 avec adaptations des pratiques, on retrouve le volume de lait initial de collecte (170 millions de litres). Cependant, le lait produit en monotraite ne peut pas être utilisé pour la fabrication de Roquefort. La production de lait issue de troupeaux en traite biquotidienne qui représente dans ce scénario plus des 2/3 de la collecte, reste, selon les responsables de l'Interprofession, insuffisante pour les volumes de production de fromage actuels.

Conclusion

La série d'expériences conduites pendant 5 années pour étudier l'effet de la monotraite pendant toute la période de traite exclusive a confirmé avec précision que la brebis Lacaune contemporaine était bien adaptée à cette pratique. Aucun effet dépressif sur les lactations successives, ni d'effet défavorable sur la santé de la mamelle n'ont été observés. Et les animaux n'ont manifesté aucun comportement d'inconfort liés à cette pratique. La monotraite s'est accompagnée d'une diminution de la production laitière de 14% chez les multipares comme chez

les primipares, d'un taux butyreux peu modifié sans effet notable sur la composition fine de la matière grasse du lait, tandis que le taux protéique augmente en lien avec un accroissement des protéines solubles du lait. La mamelle des brebis Lacaune contemporaines est dotée d'une grande citerne et présente une bonne compliance, permettant une adaptation rapide à la pratique de la monotraite et de manière plus marquée pour les primipares. Nos travaux ont également montré des différences de structure interne de la citerne qui pourraient être en lien avec l'aptitude à la monotraite. Des mesures plus précises devraient permettre de confirmer ces observations. Il semble également important de comprendre quels mécanismes entrent en jeu dans l'adaptation de la mamelle à la monotraite puisque certains animaux s'y adaptent très vite et d'autres plus lentement. L'ajustement des apports énergétiques au niveau de production laitière en monotraite laisse entrevoir la possibilité de réduire les coûts d'aliments concentrés, sans pénaliser la production comme cela a déjà été observé pour les chèvres laitières, mais pas pour les vaches laitières. Notons cependant que le mode de conduite alimentaire, en lot pour les brebis et les chèvres, et individuelle en vache laitière, interfère peut-être avec ces résultats.

Avec un temps de traite plus long le matin, mais une vitesse de traite plus élevée, la monotraite permet donc une diminution du temps d'astreinte quotidien lié à la traite. La suppression de la traite du soir entraîne également une diminution des consommations en eau de lavage et potentiellement une moindre usure de la machine à traite.

Ces résultats techniques très encourageants, devraient être confortés dans des

situations d'alimentation plus classiques pour le rayon de Roquefort (rations à base de foin et de concentrés). Il faudrait également pouvoir explorer la modulation des apports de concentrés en fonction de la production et de la qualité des fourrages, les répercussions métaboliques engendrées et les conséquences sur les performances de reproduction.

Les variations de composition fine du lait mériteraient d'être mieux qualifiées, surtout en ce qui concerne la qualité de l'azote qui intervient dans la fabrication fromagère. Sur ce point il faudrait également pouvoir aller jusqu'à la fabrication du fromage (pas seulement du Roquefort) à une plus grande échelle, pour étudier les conditions et modifications à apporter dans les processus de fabrication.

La variation des résultats individuels des brebis (présentés dans Barillet *et al* 2016, ce numéro) laissent entrevoir une voie d'amélioration génétique intéressante, sachant que l'aptitude à la monotraite de la race Lacaune s'est améliorée conjointement à sa sélection laitière efficace depuis 50 ans en situation de traite biquotidienne. Les questions et perspectives génétiques en la matière sont abordées par Barillet *et al* (2016).

L'application de la monotraite au niveau de l'exploitation s'accompagne d'une baisse de revenu pour l'éleveur

qui peut être compensée partiellement ou totalement par des ajustements de pratique tels que l'allongement de la durée de la période de traite ou le passage à la monotraite à un stade plus tardif (à la mise à l'herbe) qui permettrait de mieux valoriser la période de pâturage. A noter que les éleveurs mettent plus en avant la meilleure flexibilité du travail journalier autorisée par la monotraite que la réduction de l'astreinte de travail proprement dite.

Au niveau du bassin de production, cette pratique aurait des répercussions sur les volumes de lait à transformer, sur le rythme de collecte du lait, et supposerait une révision du cahier des charges de l'AOP qui interdit actuellement cette pratique.

L'ensemble de ces travaux a montré que l'usage de la monotraite pouvait induire de nouvelles méthodes d'élevage, génératrices de flexibilité du travail et intéressant particulièrement les éleveurs enquêtés. Pour répondre à cette demande qui est un facteur d'attractivité du métier d'éleveur de brebis laitières, il serait donc important de compléter les présentes études conduites dans deux troupeaux expérimentaux, par des essais en fermes privées. Il serait alors possible de mieux cerner les aspects économiques, organisationnels, et les répercussions sociales que la pratique de la monotraite pourrait

engendrer (modification de la journée de travail, organisation de la main d'œuvre). A toutes fins utiles, on disposerait alors de volumes de lait issus de la pratique de la monotraite à l'échelle requise (pilotes industriels), pour des études fromagères pertinentes.

Remerciements

Nous tenons à remercier la grande implication des personnels techniques de l'unité expérimentale de La Fage et du lycée de La Cazotte qui ont permis, grâce à leur motivation et leur engagement dans la conduite des expérimentations, la qualité des résultats obtenus. Nous tenons à remercier également Géraldine Pons (Société des caves) et Cécile Bailly (Confédération) pour la réalisation des analyses de composition de lait et des micro-fabrications fromagères. Nous remercions également Laurence Ligot et Sandra Wiat de l'UMR PEGASE pour leur aide essentielle dans les mesures échographiques et l'analyse histologique des coupes de mamelles. Nous tenons à remercier les membres du Comité de Pilotage du projet Roquefort'in qui se sont fortement impliqués dans le suivi des travaux pendant toute la durée du projet. Enfin, nous souhaitons remercier les relecteurs pour leurs avis pertinents et constructifs.

Références

- Aussibal G., 1977. Effets de la suppression d'une traite en fin de lactation chez la brebis laitière. Rapport BTSA EPA, La Roque, France, 32p.
- Barillet F., Marie C., Jacquin M., Lagriffoul G., Astruc J.M., 2001. The French Lacaune dairy sheep breed: use in France and abroad in the last 40 years. *Liv. Prod. Sci.*, 71, 17-29.
- Barillet F., Hassoun P., Allain C., Gonzalez-Garcia E., Guitard J.P., Autran P., Aurel M.R., Duvallon O., Portes D., Vanbergue E., Dessauge F., Marnet P.G., 2013. Once-daily milking ability of Lacaune ewes: synthesis of the results of a 4 years French study. In: Book of Abstr. 64th Ann. Meet. Europ. Fed. Anim. Sci., 258. Ann. Meet. Europ. Assoc. Anim. Prod., 19 (1^{ère} Ed.). Presented at 64. Ann. Meet. European Assoc. Anim. Prod. (EAAP), Nantes, France, Wageningen Academic Publishers, p158. http://old.eaap.org/Previous_Annual_Meetings/2013Nantes/Papers/Published/S19_0_5.pdf
- Barillet F., Lagriffoul G., Marnet P.G., Larroque H., Rupp R., Portes D., Bocquier F., Astruc J.M., 2016. Objectifs de sélection et stratégie raisonnée de mise en œuvre à l'échelle des populations de brebis laitières françaises. In : Brebis laitières en France : 50 ans de recherche et de développement. Barillet F., Hassoun P., Astruc J.M., Lagriffoul G., Morin E. (Eds). Dossier, INRA Prod. Anim., 29, 19-40.
- Ben Chedly H., Lacasse P., Marnet P.G., Komara M., Marion S., Boutinaud M., 2011. Use of milk epithelial cells to study regulation of cell activity and apoptosis during once-daily milking in goats. *Anim.*, 5, 572-579.
- Boutinaud M., Rousseau C., Keisler D.H., Jammes H., 2003. Growth hormone and milking frequency act differently on goat mammary gland in late lactation. *J. Dairy Sci.*, 86, 509-520.
- Castillo López V., 2008. Evaluación de diferentes estrategias de ordeño en ovejas lecheras de raza Manchega y Lacaune: efectos de la disminución de la frecuencia de ordeño sobre la secreción y el almacenamiento de la leche en la ubre. Thèse, Universitat Autònoma de Barcelona, Spanish, 182p.
- Castillo V., Such X., Caja G., Casals R., Albanell E., Salama A.A. K., 2008a. Effect of milking interval on milk secretion and mammary tight junction permeability in dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 91, 2610-2619.
- Castillo V., Such X., Caja G., Casals R., Salama A.K., Albanell E., 2008b. Changes in alveolar and cisternal compartments induced by milking interval in the udder of dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 91, 3403-3411.
- Castillo V., Such X., Caja G., Casals R., Salama A.K., Albanell E., 2009. Long- and short-term effects of omitting two weekend milkings on the lactational performance and mammary tight junction permeability of dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 92, 3684-3695.
- Casu S., Boyazoglu J.G., Ruda G., 1978. Essais sur la traite mécanique simplifiée des brebis Frisonnes x Sarde. 2nd Inter. Symp. Mach. Milk. Small Rum., Alghero, Sardaigne, p235.
- Casu S., Labussière J., 1972. Premiers résultats concernant la suppression d'une ou plusieurs traites par semaine chez la brebis Sarde. *Ann. Zoot.*, 21, 223-232.
- Chauvat S., Seegers J., N'Guyen The B., Clément B., 2003. Le travail d'astreinte en élevage bovin laitier. Institut de l'Élevage, Paris, France, 50p.
- Duru M., Cruz P., Martin G., Theau J.-P., Charron M.-H., Desange M., Jouany C., Zerourou A., 2010. Herb'sim : un modèle pour raisonner la production et l'utilisation de l'herbe. *Fourrages*, 201, 37-46.
- Ferris C.P., Frost J.P., Mayne C.S., McCoy M.A., Kilpatrick D.J., 2008. A comparison of the direct and residual response of dairy cows to once or twice-daily milking, in late lactation. *Livest. Sci.*, 114, 305-314.
- Gelé M., Brunschwig P., Boichard D., Govignon-Gion A., Lagriffoul G., Larroque H., Legarto J., Palhière I., Rupp R., Brochard

- M., Lecomte C., 2014. *Optimalait* : Gestion des ressources génétiques et alimentaires pour la maîtrise de la composition en acides gras du lait. *Innovations Agronomiques*, 34, 189-206.
- González-García E., Tesniere A., Camous S., Bocquier F., Barillet F., Hassoun P., 2015. The effects of parity, litter size, physiological state and milking frequency on the metabolic profile of Lacaune dairy ewes. *Dom. Anim. Endocrin.*, 50, 32-44.
- Griffoul B., 2012. La monotraite, une solution pour réduire l'astreinte. *Pâtre*, 595, 31-32
- Guinard-Flament J., Delamaire E., Lambert P., Peyraud J.L., 2007. Adaptation of mammary uptake and nutrient use to once-daily milking and feed restriction in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90, 5062-5072.
- Guinard-Flament J., Marnet P.G., Verdier-Metz I., Hurtaud C., Montel M.C., Stelwagen K., Pomiès D., 2013. La traite, un outil de pilotage du troupeau et de maîtrise de la qualité du lait en élevage bovin laitier. *INRA Prod. Anim.*, 26, 193-205.
- Hassoun P., Bocquier F., 2010. Alimentation des ovins. In *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments - Tables Inra 2010*. Edition remaniée. Editions Quae, Versailles, France, 123-138.
- Hassoun P., Vernhes G., Autran P., 2013. Effet du rythme de traite des brebis laitières Lacaune sur le temps de travail et les consommations en eau et en électricité en salle de traite. *Renc. Rech. Rum.*, 20, 249.
- Institut de l'Élevage, 1999. Mallette référentiel pastoral parcellaire. Institut de l'Élevage, Paris, France, 30p + 405 fiches.
- Komara M., Boutinaud M., Ben Chedly H., Guinard-Flament J., Marnet P.G., 2009. Once-daily milking effects in high-yielding Alpine dairy goats. *J. Dairy Sci.*, 92, 5447-5455.
- Komara M., Giger-Reverdin S., Marnet P.G., Roussel S., Duvaux-Pontet C., 2010. The combined effects of milking frequency and feeding level on dairy goat welfare and milk emission characteristics in late lactation. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 127, 96-103.
- Labussière J., Combaud J.-F., Petrequin P., Chesne P., 1974. Influence de la fréquence des traites et des têtées sur la production laitière des brebis Préalpes du Sud. *Ann. Zoot.*, 23, 445-457.
- Lagriffoul G., Blanc F., Carrié A., Hassoun P., Bocquier F., 2003. Aide à la décision pour le rationnement des brebis laitières par l'utilisation d'un modèle de prédiction des performances laitières. *Renc. Rech. Rum.*, 10, 400.
- Lefrileux Y., Pommaret A., Raynaud S., 2008. Impacts de la monotraite dans une exploitation caprine fromagère à haut niveau de production. *Renc. Rech. Rum.*, 15, 167-170.
- Loiselle M.C., Ster C., Talbot B.G., Zhao X., Wagner G.F., Boisclair Y.R., Lacasse P., 2009. Impact of postpartum milking frequency on the immune system and the blood metabolite concentration of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92, 1900-1912.
- Lurette A., De Boissieu C., Morin E., Hassoun P., Portes D., Guillard J.P., Barillet F., Moulin C.H., 2014. Usage de la simulation pour une évaluation multi-échelle du passage à la monotraite en élevage ovin lait. *Renc. Rech. Rum.*, 21, 371-374.
- Marie-Etancelin M., Manfredi E., Aurel M.-R., Pailler F., Arhainx J., Ricard E., Lagriffoul G., Guillouet P., Bibé B., Barillet F., 2006. Genetic analysis of milking ability in Lacaune dairy ewes. *Genet. Sel. Evol.*, 38, 183-200.
- Marnet P.G., Gomis B., Guinard-Flament J., Boutinaud M., Lollivier V., 2005. Effet d'une seule traite par jour (monotraite) sur les performances zootechniques et les caractéristiques physico-chimiques du lait chez les chèvres Alpines à haut potentiel. *Renc. Rech. Rum.*, 12, 225-228.
- Marnet P.G., Komara M., 2008. Management systems with extended milking intervals in ruminants: Regulation of production and quality of milk. *J. Anim. Sci.*, 86, 47-56.
- Marnet P.G., McKusick B.C., 2001. Regulation of milk ejection and milkability in small ruminants. *Liv. Prod. Sci.*, 70, 125-133.
- Martin B., Pomiès D., Pradel P., Verdier-Metz I., Remond B., 2009. Yield and sensory properties of cheese made with milk from Holstein or Montbeliarde cows milked twice or once daily. *J. Dairy Sci.*, 92, 4730-4737.
- McKusick B.C., Thomas D.L., Berger Y.M., Marnet P.G., 2002. Effect of milking interval on alveolar versus cisternal milk accumulation and milk production and composition in dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 85, 2197-2206.
- Mocquot J.C., Auran, T., 1974. Effets des différentes fréquences de traite sur la production laitière des caprins. *Ann. Genet. Sel. Anim.*, 6, 463-476.
- Negrato J.A., Marnet P.G., Labussière J., 2001. Effect of milking frequency on oxytocin release and milk production in dairy ewes. *Small Rum. Res.*, 39, 181-187.
- Nudda A., Bencini R., Mijatovic S., Pulina G., 2002. The yield and composition of milk in Sarda, Awassi, and Merino sheep milked unilaterally at different frequencies. *J. Dairy Sci.*, 85, 2879-2884.
- Papachristoforou C., Roushias A., Mavrogenis A.P., 1982. The effect of milking frequency on the milk production of Chios ewes and Damascus goats. *Ann. Zoot.*, 31, 37-46.
- Pomiès D., Marnet P.G., Cournut S., Barillet F., Guinard-Flament J., Rémond B., 2008. Les conduites de traite simplifiées en élevage laitier : vers la levée de l'astreinte biquotidienne. *INRA Prod. Anim.*, 21, 59-70.
- Rémond B., Pomiès D., 2005. Once-daily milking of dairy cows: a review of recent French experiments. *Anim. Res.*, 54, 427-442.
- Rémond B., Pomiès D., Pradel P., 2005. Effet de la monotraite des vaches laitières sur leur production, selon le niveau de distribution d'aliments concentrés. *Renc. Rech. Rum.*, 12, 229-232.
- Rovai M., Caja G., Such X., 2008. Evaluation of udder cisterns and effects on milk yield of dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 91, 4622-4629.
- Salgado E.R., 2007. Efecto de uno versus dos ordeños diarios sobre la producción y composición de leche de ovejas de raza Assaf Española. INTA, Cursos de doctorado de la Universidad de León, (<http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-uno-versus-dos-ordenos-diarios-sobre-la-produccion-y-composicion-de-leche-de-ovejas-de-raza-assaf-espanola/>)
- Santibanez A., Such X., Caja G., Castillo V., Albanell E., 2009. Lactational effects of once-versus twice-daily milkings throughout lactation in two breeds of dairy ewes. *J. Anim. Sci.*, 87, 50.
- Stelwagen K. 2001. Effect of milking frequency on mammary functioning and shape of the lactation curve. *J. Dairy Sci.*, 84, E204-E211.
- Stelwagen K., Phyn C.V.C., Davis S.R., Guinard-Flament J., Pomiès D., Roche J.R., Kay J.K., 2013. Reduced milking frequency: milk production and management implications. *J. Dairy Sci.*, 96, 3401-3413.
- Vanbergue E., Barillet F., Allain C., Autran P., Aurel M. R., Duvaux O., Portes D., Dessauge F., Boutinaud M., Dzidic A., Marnet P.G., 2013. Aptitude des brebis laitières de race Lacaune à la conduite en monotraite : Premiers éléments zootechniques et physiologiques. *Renc. Rech. Rum.*, 20, 281-284.

Résumé

Une série d'expérimentations a été conduite pour mesurer l'impact de la monotraite à l'échelle de la lactation de brebis laitières de race Lacaune. La production de lait et sa composition, la physiologie et la morphologie de la mamelle, l'ingestion et le métabolisme énergétique ont été mesurés tout au long de la période de traite, du sevrage au tarissement. L'impact de la monotraite a été modélisé à l'échelle de l'exploitation et du bassin de production. La perte de lait a été de 14% chez les multipares comme les primipares. Selon la ration offerte, le taux butyreux a diminué ou a eu tendance à augmenter, alors que le taux protéique n'a pas été modifié ou a augmenté en lien avec une augmentation des protéines solubles. Les quantités ingérées n'étaient pas différentes entre brebis en traite biquotidienne et monotraite, ce qui a entraîné un bilan énergétique positif supérieur pour ces dernières. Cela s'est traduit par des taux d'acides gras non estérifiés rapidement plus bas et de leptine supérieurs. La mamelle a été perturbée dans les premiers jours de monotraite, mais a rapidement retrouvé son intégrité du fait d'une bonne plasticité sans aucune conséquence sur sa santé. Au niveau de l'exploitation, la monotraite entraîne une perte de revenu qui peut être compensée en tout ou partie par un passage en monotraite à un stade plus tardif ou un allongement de la période de traite. Des travaux complémentaires conduits à l'échelle de l'exploitation permettraient de mieux préciser les répercussions de cette pratique à ce niveau et à celui du bassin de production.

Abstract

Once daily milking in Lacaune dairy ewes: Synthesis of a five year study conducted in France

Several experiments were conducted for evaluating the effects of once daily milking (ODM) in Lacaune dairy ewes throughout the milking period. Milk production and composition, udder health, daily feed intake and energy metabolism were individually monitored. The effects of adopting ODM at the farm and the production region levels were also modelled. Individual milk yield was 14% lower either in adult or primiparous ewes. Milk fat and protein contents were lower and higher, respectively, when ewes were fed ad libitum; however, these parameters were almost not modified when diets were adjusted to the actual milk yield. Dry matter intake was not affected by ODM, which led to a marked positive energy balance in ODM ewes. The last was well illustrated by the metabolic profile of the ewes, showing lower body reserves mobilization in ODM ewes. The udder morphology and functioning was only disturbed during the first week of ODM, but it was rapidly recovered without associated further health constraints. At the farm level, adopting the ODM regime showed a decrease in the global farm incomes, possibly to be recovered by starting ODM in the mid-lactation or prolonging the milking period length. Further researches will be required for characterizing in a deeper way the related effects of applying ODM under different feeding and management situations at the flock, farm and regional production scales.

HASSOUN P., ALLAIN C., MARNET P.-G. GONZALEZ-GARCIA E., LARROQUE H., VANBERGUE E., DESSAUGE F., DZIDIC A., AUTRAN P., PORTES D., GUITARD J.-P., LAGRIFFOUL G., TESNIÈRE A., MORIN E., DE BOISSIEU C., MOULIN C.-H., LURETTE A., BARILLET F., 2016. La monotraite quotidienne appliquée en brebis laitières de race Lacaune : Synthèse de cinq années de recherche. In : Brebis laitières en France : 50 ans de recherche et développement. Barillet F., Hassoun P., Astruc J.M., Lagriffoul G., Morin E. (Eds). Dossier, INRA Prod. Anim., 29, 57-72.