

# UNIVERSITÉ FRANÇOIS – RABELAIS DE TOURS

*ÉCOLE DOCTORALE Santé, Sciences Biologiques et Chimie du Vivant*

**ÉQUIPE Comportement, Neurobiologie, adaptation, Unité de Physiologie de la Reproduction et des comportements, INRA, Nouzilly**

**THÈSE** présentée par :

**Mohamed CHNITER**

soutenue le : **27 Septembre 2013**

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'université François – Rabelais de Tours**

Discipline/ Spécialité : **Sciences de la Vie et de la Santé**

## **Facteurs de risque de la mortalité des agneaux D'man élevés dans les oasis tunisiennes: relations avec les aptitudes maternelles et la vigueur du nouveau-né**

**THÈSE dirigée par :**

**Monsieur NOWAK Raymond**

**Monsieur BEN HAMOUDA Mohamed**

Directeur de Recherches, INRA de Tours, France

Professeur, ESA de Mateur, Tunisie

**RAPPORTEURS :**

**Madame LMINEAU Sophie**

**Monsieur REKIK Mourad**

Maître de Conférences, Université de Rennes 1, France

Professeur, ENMV de Sidi Thabet, Tunisie

**JURY :**

**Monsieur BEN HAMOUDA Mohamed**

**Monsieur BOUSSETTA Hamadi**

**Monsieur HAMMADI Mohamed**

**Monsieur KRAIEM Khemais**

**Madame LUMINEAU Sophie**

**Monsieur NOWAK Raymond**

**Monsieur REKIK Mourad**

Professeur, ESA de Mateur, Tunisie

Professeur, ISA de Chott-Mariem, Tunisie

Maître de Conférences, IRA de Médenine, Tunisie

Professeur, ISA de Chott-Mariem, Tunisie

Maître de Conférences, Université de Rennes 1, France

Directeur de Recherches, INRA de Tours, France

Professeur, ENMV de Sidi Thabet, Tunisie

## DÉDICACES

*Je dédie ce travail:*

*Aux âmes de mes grands parents et à la mémoire de mon cher frère,*

*À mon père et à ma mère,*

*À mes frères et à ma sœur,*

*À mes neveux et à mes chères nièces,*

*À tous les cousins et cousines,*

*Et à tous les chers qui m'ont soutenu dans ce projet de thèse et dans ma vie !*

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à souligner que cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une convention de cotutelle entre l'université de Sousse (Institut Agronomique de Chott-Mariem) et l'université de François-Rabelais de Tours en France. Les travaux de thèse ont été réalisés au sein du laboratoire d'Élevage et de la Faune Sauvage à l'Institut des Régions Arides de Médenine (IRA) en collaboration avec l'Unité Mixte de Physiologie de la Reproduction et des Comportements à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tours.

A l'issue de cette thèse, j'aimerais remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à sa concrétisation. Je remercie très vivement **Pr Houcine Khattali**, Directeur Général de l'IRA et **Pr Touhami Khorchani**, Chef du Laboratoire d'Élevage et de la Faune Sauvage de m'avoir accueilli au sein de cette institution et de l'opportunité qu'ils m'ont donné pour mener à terme mes travaux de thèse grâce à l'appui logistique et le soutien financier.

Il m'est agréable de remercier **Pr Florian Guillon** et **Pr Benoît Malpoux**, Directeur et ancien Directeur de l'Unité Mixte de Recherche Physiologie de la Reproduction et des Comportements à l'Institut National de Recherche Agronomique de Nouzilly (Tours, France) de m'avoir accueilli au sein de l'équipe Comportement, Neurobiologie, Adaptation.

J'exprime également mes vifs remerciements à Messieurs **Mohsen Chebbi** et **Essayed Khalij**, respectivement Directeur et ancien Directeur Général de l'Office d'Élevage et de Pâturages (OEP) d'avoir facilité la réalisation de ce travail à la ferme de Chenchou à Gabès.

Ce travail n'aurait pu être achevé sans le soutien financier du Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique qui m'a accordé une bourse d'Encouragement des Jeunes Chercheurs et l'université de Sousse pour m'avoir bénéficié d'une bourse d'alternance. Je suis reconnaissant au **Pr Abdelmottaleb Ouederni**, Directeur de l'École Doctorale Sciences Ingénierie et Société de l'École Nationale d'Ingénieurs de Gabès et **Pr Hamadi Boussetta**, Directeur de l'École Doctorale Agronomie et Environnement de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem pour l'attribution des bourses de stage.

Je suis particulièrement reconnaissant à mon directeur de thèse **Pr Mohamed Ben Hamouda** pour l'encadrement de mon travail, pour l'apprentissage des aspects relatifs à l'analyse statistique, pour le soutien et l'aide inestimable tout au long de ce travail et dès le début de mon master.

Je ne saurais assez remercier **Pr Raymond Nowak**, de m'avoir dirigé à l'Université de François-Rabelais de Tours. Je tiens à le remercier pour l'accueil chaleureux au sein de l'équipe Comportement, Neurobiologie, Adaptation qu'il m'a réservé et qui présage d'une collaboration fructueuse. Merci pour m'avoir initié à l'étude de la relation mère-jeune chez les ovins, pour votre disponibilité à tous les instants, votre "bonne humeur", votre rigueur scientifique que vous m'avez enseigné. Merci aussi pour l'accueil familial très chaleureux et l'amitié immédiate que m'ont accordés beaucoup d'entre vous. Merci pour le soutien spécial dans la dernière ligne droite!

Je remercie vivement **Pr Mohamed Hammadi**, chercheur à l'IRA de Médenine, je ne peux lui exprimer par ces quelques mots toute ma sympathie et reconnaissance, merci pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant de codiriger ma formation doctorale, pour le sens

de responsabilité qu'il ne cesse à m'apprendre, pour sa disponibilité et ses fructueux conseils. Merci de m'avoir fait bénéficier de votre expérience et vos nombreuses et patientes corrections.

Je remercie tous les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail, y apporter leur regard critique et ainsi contribuer à son amélioration. Je souhaite, particulièrement, adresser mes remerciements aux **Pr Hamadi Boussetta** et **Pr Khmais Kraeim** d'avoir font l'honneur, respectivement de présider le jury et examiner mon travail. Je remercie aussi **Pr Mourad Rekik** et **Pr Sophie Lumineau**, qui ont accepté d'en être les rapporteurs.

Un grand merci est adressé également aux membres du comité de thèse pour l'intérêt qu'ils portent à mon travail. Ils ont toujours répondu présents pour faciliter les tâches administratives. Ma reconnaissance est particulièrement adressée au **Pr Messaoud Mars**, cette thèse ne serait pas ce qu'elle est aujourd'hui sans votre participation, vos efforts incessants pour la mise en place de ma thèse dans le cadre de cotutelle et vos encouragements.

Je remercie le personnel de l'équipe de l'OEP à Gabès, en particulier **Mr Riadh Krit**, **Mr Harab Harab**, **Mr Ali Othmani**, **Mr Touhami Mrabet** et **Mr Belgacem Lahsoumi**. Je tiens à remercier aussi l'équipe de la Station Expérimentale de l'IRA à Chenchou particulièrement **Mr Ahmed Belgacem**, **Mr Mohamed Dhaoui**, **Mr Mohamed Farhat**, **Mr Ali Agrbi**, **Mr Belgacem Fatnassi**.

Je ne saurais oublier l'aide morale et les précieux conseils de toute l'équipe du Laboratoire d'Élevage et de la Faune sauvage. Merci à **Mr Mohsen Chammem**, **Mr Habib Yahyaoui Mohamed**, **Mr Mabrouk Mouldi Seddik**, **Mr Mekki Moslah** et **Mme Halima Hatmi** qui m'ont toujours entouré d'une amicale sollicitude. Je remercie vivement **Mr Imed Salhi** pour son aide pour le dosage des immunoglobulines, ses conseils, sa disponibilité et sa responsabilité pour répondre à mes interrogations.

Merci à tous les personnels de l'Unité Mixte de Recherche Physiologie de la Reproduction et des comportements, à l'Institut National de Recherche Agronomique de Nouzilly (Tours, France) pour l'accueil chaleureux et tous les services qu'ils ont pu me rendre au cours de mes séjours. Un grand merci au **Pr Frédéric Lévy** pour sa disponibilité, ses conseils et commentaires scientifiques lors d'élaboration de protocoles expérimentaux. Merci au **Pr Christine Leterrier** pour sa gentillesse, j'éprouve le besoin de la remercier pour l'accueil chaleureux. Merci à **Mr Damien Capo**, **Mr Fabien Cornilleau** pour leur précieuse aide dans la réalisation des essais de comportement. Sans oublier de remercier **Mme Nicole Jouaneau**, **Mme Maryse Meurisse**, **Mme Anne-Lyse Laine** et l'ensemble des thésards et stagiaires qui ont croisé mon chemin lors de mes séjours en France. Un grand merci au **Pr Pascal Poindron** pour l'occasion qu'il m'a donné pour discuter la relation mère-jeune chez les ovins et la méthodologie d'analyse des données brutes, pour ses commentaires scientifiques et son aide pour la documentation bibliographique.

J'adresse mes profonds remerciements à tous mes collègues étudiants en mastère, thésards, ingénieurs, techniciens et ouvriers à l'Institut des Régions Arides de Médenine.

Je tiens enfin à remercier mes amis qui m'ont aidé de près ou de loin au cours de ce chemin et tout particulièrement mes parents qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours et continuent à croire en mes choix.

*Que tous ceux que j'ai oubliés de remercier m'excusent !*

## RÉSUMÉ

Les ovins D'man sont élevés dans les oasis tunisiennes selon un rythme accéléré permettant d'avoir trois agnelages en deux ans. En plus des effets directs du mode d'élevage et d'environnement exercés sur les brebis D'man, la prolificité élevée pose question quant à la survie, la croissance et le bien-être des agneaux. L'objectif de ce travail est de déterminer les facteurs de risque qui affectent la survie et la croissance chez les agneaux D'man élevés dans les oasis de Gabès.

Dans une première étape, le travail a traité les facteurs de risque d'ordre zootechnique et environnemental sur la base des données concernant 1189 agneaux élevés à la ferme de l'OEP de Gabès. En moyenne, un taux de mortalité égal à 13,4% a été observé de la naissance au sevrage dont 41% pendant les 10 premiers jours de vie, 29% entre 10 et 30 jours et 30% entre 30 et 70 jours. Le taux de mortalité est plus élevé chez les agneaux nés en hiver (23,5%) par comparaison au printemps (12,3%), l'automne (10,2%) et l'été (9,5%). A cause de leur poids léger, les agneaux issus des portées multiples (triples et quadruples) ont un taux de mortalité plus élevé (52,2%) comparés à ceux issus des portées simples et doubles ayant un poids de naissance medium (24,4%) ou lourd (1,8%). Les agneaux nés en printemps sont plus lourds à la naissance, à 30 et 70 jours et par conséquent ont des vitesses de croissance plus importantes par comparaison aux agneaux nés en hiver, en automne et en été. Le poids à la naissance et les vitesses de croissance sont également influencés par la taille de portée et l'âge de la brebis. Le faible poids à la naissance ( $\leq 1,5$  kg), les portées multiples (quadruples et quintuples) et les agnelages d'hiver sont les principaux facteurs de risque pour la survie et la croissance des agneaux D'man.

Dans une deuxième étape, l'étude a porté sur la vigueur du nouveau-né et les changements physiologiques néonataux en rapport avec la survie et la croissance jusqu'à un mois d'âge chez 360 agneaux D'man. Les taux plasmatiques de glucose, des protéines totales, des immunoglobulines G (IgG), du cholestérol et des triglycérides sont faibles à 1-12 h après la naissance et augmentent au cours des 3 premiers jours. La température rectale a augmenté au cours de la même période avec des effets significatifs de l'année, la saison de naissance, la taille de portée, le poids de naissance et l'âge de la mère. La concentration plasmatique du cortisol mesurée à 24-36 h et 48-60 h après la naissance est négativement corrélée au poids de naissance. Les vitesses de croissance sont positivement corrélées à la température rectale et aux taux de glucose, des IgG, mais inversement corrélées au cortisol après 24 h de vie. Il a été constaté que la température rectale, le glucose et les protéines sont élevés chez les agneaux qui ont survécu au-delà d'un mois comparés aux agneaux morts. Les agneaux multiples, en particulier les triplets et les quadruplets ont un rapport élevé surface corporelle/poids, des faibles valeurs de température rectale ainsi que des indices physiologiques sanguins pendant les 3 premiers jours de vie ce qui compromet leurs chances de survie.

Dans une dernière étape, l'étude a porté sur le processus de mise-bas chez 40 brebis D'man et l'attachement mère-jeune chez 13 brebis et leurs 27 agneaux. L'incidence des cas de dystocie a été observée dans 18% des cas, avec un retard dans l'expression du comportement néonatal des agneaux nés en hiver et/ou chez des primipares. Une sélectivité maternelle a été observée ainsi qu'une préférence nette entre le couple brebis/agneau dans les 24-48 h post-partum ce qui prouve le développement d'un lien d'attachement fort et précoce. Néanmoins, le poids à la naissance semble avoir un effet positif sur la reconnaissance de la mère par l'agneau.

**Mots-clés:** agneaux D'man, période périnatale, vigueur, relation mère-jeune, mortalité, croissance, oasis tunisiennes.

## ABSTRACT

D'man ewes are reared in Tunisian oases under an accelerated management system allowing breeders to have three lambing periods every two years. High prolificacy may accentuate the detrimental effects of an accelerated lambing system through problems which affect growth, welfare and survival. Therefore, the aim of the present study was to determine the risk factors of lamb mortality in this prolific breed maintained under intensive management in Tunisian oases. In a first step, growth and mortality rates are reported using records of 1189 lambs collected between 2004 and 2009 from an accelerated lambing system to determine risk factors according to characteristics of the animals and the environment. Results showed that overall mortality from birth to 70 days of age was 13.4%. Of all the total losses, 41% of the lambs died within 10 days of birth, 29% died between 10 and 30 days of age and 30% between 30 and 70 days. Mortality rate was significantly higher in winter (23.5%) than in spring (12.3%), autumn (10.2%) and summer (9.5%). Lambs in the low-weight category died more frequently (52.2%) than lambs from medium-weight (24.4%) to high-weight (1.8%) categories. Lambs born in spring were consistently the heaviest at birth, at 30 and 70 days of age with the greatest average daily gains compared to those born in winter, autumn and summer. Birth weights were affected by litter size and ewe age, and lambs from older ewes (2-10 years) grew faster than lambs born from young ewes (1 year). The principal risk factors identified were season (winter), birth type (multiple) and weight class ( $\leq 1.5$  kg). The second step of the study investigated from a total of 312 lambs to what extent the newborn lamb's vigour and the concomitant neonatal physiological changes may affect growth and survival rates over the first month of life. Glucose, proteins, immunoglobulin G (IgG), cholesterol and triglycerides plasma levels were low at 1-12 h of birth and then increased over the first 3 days. Rectal temperature increased as well, with a significant effect of year, season of birth, litter size, birth weight class and age of dam. Birth weight was negatively related to cortisol plasma levels at 24-36 h and 48-60 h of birth. Average daily weight gain over 10 days was positively related to plasma levels of glucose, IgG and rectal temperature, and inversely related to cortisol levels at all points measured. Average daily weight gain between 10 and 30 days was positively related to levels of glucose and IgG, and inversely related to cortisol level. It was found that rectal temperature, glucose and protein levels were higher in lambs that survived beyond one month of age in comparison to those that died. The main outcome of this study is that smaller triplets and quadruplets have lower rectal temperature and metabolites plasma level than twin- and single-born lambs during the first 3 days of life and this impairs their chance of survival. Finally, birth process, neonatal and maternal behaviours, and mother-young attachment were investigated. Results showed that dystocia occurs in 18% of the lambing cases. A delay in the expression of neonatal behaviour was observed in lambs born from primiparous ewes and those born in winter. A clear selectivity of the mother was observed within 24-48 h post-partum. Results showed that both mothers and lambs expressed a preference for their familiar kin 48 hr after birth. Birth weight appears affecting positively the attachment process of the lamb her mother.

**Key-words:** D'man lambs, perinatal period, vigour, young-mother attachment, mortality, growth, Tunisian oases.

## ملخص

يحظى قطاع تربية أغنام الدمان في ظروف الانتاج المكثف بانتشار واسع داخل واحات الجنوب التونسي والمناطق السقوية المتاخمة لها مما أمكن من الرفع في متوسط الولادات وبلوغ ثلاث ولادات كل سنتان. إضافة إلى التأثير السلبي للنمط المكثف وعوامل المناخ الحار على المرد ودية الإنتاجية للنعجة، تعتبر خاصية " كثرة التبويض " من العوامل المساهمة في ارتفاع نسبة نفوق الحملان وضعف نموها كنتيجة لتأثيرها السلبي بالأساس على الوزن عند الولادة. يهدف هذا العمل إلى دراسة العوامل المؤدية إلى نفوق حملان الدمان وضعف نموها بواحات قابس.

في مرحلة أولى، اقتصر العمل على تحديد عوامل نفوق الحملان ذات الصلة بأداء النعجة ومناخ محيط التربية بالاعتماد على قاعدة بيانات لمجموعة 1189 حمل بضيعة مشروع شانشو التابعة لديوان تربية الماشية وتوفير المرعى. بينت النتائج أن متوسط نسبة النفوق قد بلغ 13,4% من يوم الولادة حتى عمر الفطام (70 يوم)، نسبة 41% منها خلال العشرة الأيام الأولى، 29% بين العشرة أيام والشهر و 30% بين الشهر وعمر الفطام. فاق متوسط نسبة النفوق في فصل الشتاء (23,5%) المتوسط في الربيع (12,3%)، الخريف (10,2%) والصيف (9,5%). وبلغ متوسط النفوق نسبة مرتفعة (52,2%) لدى حملان التوائم (الثلاثية، الرباعية أو أكثر) بالمقارنة مع متوسط نفوق حملان التوائم الوحيد (24,4%) و الأحادية (1,8%). ارتفع متوسط الوزن عند الولادة، في عمر الشهر و في عمر الفطام لدى الحملان المتأتية من ولادات فصل الربيع مقارنة بالحملان المتأتية من ولادات فصل الشتاء، الخريف والصيف بالإضافة إلى تحقيق معدل نمو هام خلال هذه الفترة. يعتبر نقص الوزن عند الولادة (وزن  $\geq 1,5$  كجم)، الحمل المتعدد التوائم (الثلاثية، الرباعية أو أكثر) وولادات فصل الخريف العوامل الأساسية المساهمة في نفوق حملان الدمان ومحدودية نموها تحت ظروف الإنتاج المكثف.

تناول العمل في مرحلة ثانية كفاءة الحمل وتطور لبعض المؤشرات الفسيولوجية بعد الولادة وعلاقتها بالقدرة على الحياة والنمو حتى عمر الشهر بالاعتماد على بيانات شملت 360 حمل صغير. بينت النتائج أن معدل تركيز الجلوكوز، البروتينات، مضاد الأجسام (IgG) الكولسترول و الدهون الثلاثية في مصل الدم منخفض من 1-12 س بعد الولادة ثم يرتفع تدريجيا خلال الثلاث الأيام الموالية. كما ارتفع متوسط حرارة الشرح أثناء نفس الفترة مع تأثير معنوي لكل من عوامل سنة وفصل الولادة، الوزن عند الولادة وعمر الأم. لاحظنا ارتباط عكسي بين متوسط تركيز الكورتيزول في مصل الدم من 24-36 ساعة و 48-60 ساعة بعد الولادة من ناحية، الوزن عند الولادة و معدل النمو اليومي من ناحية أخرى. تطور معدل النمو اليومي ايجابيا مع متوسط تركيز الجلوكوز ومضاد الأجسام (IgG) في مصل الدم خلال الثلاث الأيام بعد الولادة. تميزت الحملان ذات القدرة على البقاء على قيد الحياة بمتوسط مرتفع للوزن عند الولادة، حرارة شرح، معدل تركيز الجلوكوز و البروتينات في مصل الدم مقارنة بما هي عليه في الحملان التي ماتت خلال الشهر الأول بعد الولادة. تميزت حملان التوائم خاصة منها الثلاثية، الرباعية أو أكثر بمتوسط قاسم مساحة جسم/وزن مرتفع في اليوم الأول بعد الولادة، متوسط حرارة شرح منخفض بالإضافة إلى انخفاض بعض المؤشرات الفسيولوجية (تركيز الجلوكوز، البروتينات، مضاد الأجسام، الكولسترول و الدهون الثلاثية في مصل الدم) خلال الثلاث الأيام الموالية للولادة مما انعكس سلبا على قدرتها على الحياة.

في مرحلة أخيرة، وقعت متابعة ميدانية لعملية الولادة لدى 40 نعجة بالإضافة إلى دراسة سلوك الأم والصغير لدى 13 نعجة و 27 حملا. لاحظنا صعوبة عملية ولادة النعجة في 18% من الحالات مع تأخر في ظهور بعض مؤشرات السلوك لدى الحملان المولودة في الشتاء أو عند النعاج أحادية تجربة الأمومة. مكنت دراسة السلوك من تقييم العلاقة بين الأم والصغير في غضون 48 ساعة بعد الولادة. وبينت النتائج قدرة الأم على التعرف على صغيرها من خلال ملاحظة عدة مؤشرات ايجابية للسلوك في حالة حضور صغيرها مقارنة بمؤشرات سلوك عدائي في حالة حضور صغير نعجة أخرى. تمكن الحمل الصغير من التعرف على أمه في وضع خيارى مع نعجة أخرى حديثة الولادة، كما أن لارتفاع وزن الحمل عند الولادة تأثير ايجابي في كفاءة علاقتة بالأم.

**الكلمات المفاتيح:** حملان أغنام الدمان، فترة بعد الولادة، القدرة على الحياة، سلوك الأم والصغير، النفوق، النمو، الواحات التونسية.

## LISTE DES PUBLICATIONS ET DES COMMUNICATIONS

### Publications

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Ben Sassi M., Ben Hamouda M., Nowak R., **2013**. Aspects of neonatal physiology have an influence on early growth and survival of D'man lamb. *Small Ruminant Research*. 111: 162-170.

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Krit R., Lahsoui B., Ben Sassi M., Nowak R., Ben Hamouda M., **2011**. Phenotypic and seasonal factors influence birth weight, growth rate and lamb mortality in D'man sheep maintained under intensive management in Tunisian oases. *Small Ruminant Research*. 99: 166-170.

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Ben Sassi M., Harab H., Krit R., Ben Hamouda M., **2011**. Performance de croissance et mortalité des agneaux D'man élevés dans la ferme de l'OEP à Chenchou. *Options Méditerranéennes, Série A: Séminaires Méditerranéens- N°: 97*.

**Chniter M.**, Maali S., Hammadi M., Khorchani T., Harab H., Krit R., Ben Hamouda M., Khaldi G., Nowak R. **2009**. Effects of dam age, litter size and gender on birth weight of D'man lamb: consequence on lamb mortality. *Journal of Arid Land Studies*. 19: 169-172.

### Communications

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Lévy F., Nowak R., Ben Hamouda M. The mother-young attachment in D'man sheep. The 4<sup>th</sup> International Seminar: 2<sup>nd</sup> Symposium of LowInputBreeds: Feeding and management strategies to improve livestock productivity, welfare and product quality under climate change, Yasmin Hammamet, 15 - 18 May 2012, Tunisia.

**Chniter M.**, Salhi I., Khorchani T., Ben Hamouda M., Hammadi M. Importance et transfert des immunoglobulines IgG de la mère au nouveau-né chez les ovins D'man. Les Journées Internationales de Biotechnologie (JIB 2011), Sousse, 19 - 22 Décembre 2011, Tunisie.

**Chniter M.**, Hammadi M., Ben Hamouda, Nowak R., 2011. Relations mère-jeune: facteurs de risque de mortalité chez les agneaux D'man élevés en intensif dans le sud tunisien ? 16<sup>ème</sup> Journées « Thésards » de l'Unité de Physiologie de la Reproduction et des Comportements, INRA, Nouzilly, 30 et 31 mai 2011, France

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Lévy F., Nowak R. La relation mère jeune chez les races ovines prolifiques: comparaison entre la race D'man et la race Romanov. Colloque de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal (SFEC), TOURS, 17 - 19 Mai 2011, France.

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Harab H., Krit R., Ben Sassi M., Ben Hamouda M. Evolution du poids corporels et de la température rectale chez l'agneau D'man pendant les 3 premiers jours de vie. Les 17<sup>ème</sup> Journées Scientifiques sur les Résultats de la Recherche Agricoles, Nabeul, 16 - 17 Décembre 2010, Tunisie.

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Harab H., Krit R., Ben Sassi M., Ben Hamouda M. Les facteurs maternels et environnementaux influençant le développement et la survie de l'agneau D'man. Les XIX<sup>èmes</sup> Journées Nationales de Biologie de la SSNT «Biologie et Changements Climatiques», Yasmin Hammamet, 5 - 8 Novembre 2009, Tunisie.

**Chniter M.**, Maali S., Hammadi M., Khaldi G., Khorchani T., Harab H., Krit R., Ben Hamouda M. Performances zootechniques et facteurs impliqués dans la mortalité des agneaux D'man. Les 15<sup>ème</sup> Journées Scientifiques sur les Résultats de la Recherche Agricoles, Nabeul, 18 - 19 Décembre 2008, Tunisie.

**Chniter M.**, Hammadi M., Ben Hamouda M., Khorchani T. Etude de quelques facteurs de risque de la mortalité chez les agneaux D'man dans la région de Gabès (sud tunisien). Les

jours scientifiques de l'INGREF « La biodiversité dans les aires protégées », Yasmin Hammamet, 11 - 13 Novembre 2008, Tunisie.

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Fahem A., Ben Hamouda M. Variation de la température rectale et du poids corporel chez les agneaux D'man au cours de leur vie néonatale élevés en station: effet du sexe, du mode de naissance et de l'âge de la mère. Les XVIII<sup>èmes</sup> Journées Nationales de Biologie «Génie Biologiques et Environnement» (Société des Sciences Naturelles de Tunisie), Yasmin Hammamet, 6 - 9 Novembre 2008, Tunisie.

# TABLES DES MATIÈRES

<b>DÉDICACES</b> .....	<b>I</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>II</b>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ملخص</b> .....	<b>VI</b>
<b>LISTE DES PUBLICATIONS ET DES COMMUNICATIONS</b> .....	<b>VII</b>
<b>TABLES DES MATIÈRES</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	<b>XII</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>XIII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>XVI</b>
<b>LISTE DES PHOTOS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b> .....	<b>1</b>
<b>La race ovine D'man</b> .....	<b>4</b>
I. Origine des ovins D'man.....	4
II. Reproduction.....	4
II.1. Puberté.....	4
II.2. Saison de reproduction .....	5
II.3. Fertilité .....	5
II.4. Taux d'ovulation et taille de portée.....	6
II.5. Rythme de reproduction .....	6
II.6. Performances de croissance et productivité .....	7
II.7. Production laitière .....	8
III. Mortalité des agneaux.....	8
<b>Facteurs de risques de la mortalité des agneaux</b> .....	<b>9</b>
I. Inroduction .....	9
II. Alimentation maternelle et efficacité placentaire .....	10
III. Poids à la naissance .....	12
III.1. Effets d'origine maternelle .....	12
III.2. Autres effets .....	14
IV. Thermorégulation et thermogénèse chez le nouveau-né .....	15
IV.1. Thermorégulation .....	15
IV.2. Mécanismes de thermogénèse .....	16
IV.3. Contrôle de la thermorégulation .....	18
IV.4. Adaptations physiologiques postnatales .....	20
V. Colostrum et transfert de l'immunité.....	21

V.1. Production du colostrum .....	22
V.2. Propriétés du colostrum .....	23
V.3. Mécanismes d'absorption des immunoglobulines .....	25
VI. Mise-bas et relation mère-jeune .....	28
VI.1. Processus de mise-bas.....	28
VI.2. Comportement maternel après la parturition .....	32
VI.3. Comportement néonatal.....	34
VI.4. Développement des liens mère-jeune .....	36
VI.5. Problèmes de mise-bas et du comportement .....	40
VII. Amélioration des indices de survie des agneaux .....	43
VII.1. Poids à la naissance .....	43
VII.2. Aptitude de thermorégulation.....	44
VII.3. Prise du colostrum et relation mère-jeune.....	44
VII.4. Mode de conduite en post-partum .....	45
<b>Objectifs de thèse.....</b>	<b>47</b>
<b>Etude des performances de croissance et de la mortalité chez les agneaux D'man élevés en intensif dans les oasis de Gabès.....</b>	<b>48</b>
I. Introduction .....	48
II. Matériels et méthodes .....	49
II.1. Site expérimental.....	49
II.2. Description de l'élevage.....	50
II.3. Paramètres étudiés.....	52
II.4. Analyses statistiques .....	52
III. Résultats et discussion .....	53
III.1. Résultats.....	53
III.2. Discussion .....	58
IV. Conclusion.....	63
<b>Vigueur à la naissance, changements physiologiques postnatals et relations avec la survie et la croissance des agneaux D'man.....</b>	<b>64</b>
I. Introduction .....	64
II. Matériels et méthodes .....	66
II.1. Troupeaux étudiés .....	66
II.2. Paramètres étudiés et collecte des échantillons.....	67
II.3. Analyses au laboratoire .....	68
II.4. Analyses statistiques .....	70

III. Résultats.....	71
III.A. Vigueur et changements physiologiques chez le nouveau-né.....	71
III.B. Estimation des immunoglobulines G et facteurs de variation.....	79
III.C. Relations entre les paramètres étudiés, la survie et la croissance des agneaux.....	82
IV. Discussion .....	85
IV.1. Changements physiologiques chez le nouveau-né .....	86
IV.2. Relations entre les changements physiologiques, la survie et la croissance.....	91
V. Conclusion .....	93
<b>Mise-bas, comportements maternel et néonatal et attachement mère-jeune chez les ovins D'man .....</b>	<b>95</b>
I. Introduction .....	95
II. Matériels et méthodes .....	97
II.1. Mise-bas, comportement maternel et néonatal.....	97
II.2. Attachement mère-jeune .....	99
II.3. Analyses statistiques .....	102
III. Résultats.....	102
III.1. Mise-bas .....	102
III.2. Vigueur du nouveau-né.....	105
III.3. Caractérisation et développement du comportement.....	106
III.4. Attachement mère-jeune .....	109
IV. Discussion .....	113
IV.1. Processus de la parturition .....	113
IV.2. Vigueur de l'agneau nouveau-né .....	114
IV.3. Développement et maintien de la relation mère-jeune .....	115
V. Conclusion .....	118
<b>DISCUSSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>119</b>
I. Performances et mortalité des agneaux D'man.....	119
II. Vigueur du nouveau-né, physiologie périnatale et effets sur la survie et la croissance.	121
III. Mise-bas, relation mère-jeune et survie des agneaux .....	125
<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>128</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>131</b>

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**ATP:** adénosine-5'-triphosphate.

**CMV:** Condiments minéraux vitaminisé.

**DO:** densité optique.

**ELISA:** méthode immuno-enzymatique ou dosage d'immunoabsorption par enzyme liée (de l'anglais enzyme-linked immunosorbent assay).

**EMG:** électromyographique.

**FSH:** follicle stimulating hormone.

**FGA:** acétate de fluorgestone.

**GMQ:** Gain Moyen Quotidien.

**HCl:** chlorure d'hydrogène.

**HPA:** l'axe Hypothalamo-Pituitary-Adrenal.

**IgG, IgA et IgM:** immunoglobulines classe G, A et M.

**IRA:** Institut des Régions Arides.

**OEP:** Office de l'élevage et des pâturages.

**OPD:** Ophenylenediamine.

**PBS:** tampon phosphate salin (de l'anglais phosphate buffered saline).

**RIA:** dosage radio-marqué (de l'anglais Radio-Immuno-Assay).

**T3:** triiodothyronine.

**T4:** tétraïodothyronine.

**Ta:** température ambiante.

**U.F.L.:** valeur énergétique nette d'un fourrage en unité fourragère lait.

**UCP1:** protéine de découplage.

**UE-27:** (ou UE27 ou Union européenne des vingt-sept) correspond à l'ensemble des pays qui appartiennent à l'Union européenne à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2007.

**γGT:** gammaglutamyl-transférase.

## LISTE DES FIGURES

Page

<b>Figure 1:</b> Localisation de site du travail expérimental (Ferme Pilote de l'OEP)	49
<b>Figure 2:</b> Répartition de la mortalité par classe d'âge et en fonction de la taille de portée	56
<b>Figure 3:</b> Répartition de la mortalité selon l'année	56
<b>Figure 4:</b> Répartition de la mortalité selon la saison de mise-bas	57
<b>Figure 5:</b> Répartition de la mortalité selon la taille de portée	57
<b>Figure 6:</b> Répartition de la mortalité selon le poids à la naissance	58
<b>Figure 7:</b> Méthode d'estimation de la surface corporelle chez l'agneau nouveau-né	68
<b>Figure 8:</b> Evolution de la concentration plasmatique de glucose selon la saison de naissance chez les agneaux D'man.	75
<b>Figure 9:</b> Evolution de la concentration plasmatique de glucose selon la taille de portée chez les agneaux D'man	75
<b>Figure 10:</b> Evolution de la concentration plasmatique de glucose selon le poids de naissance chez les agneaux D'man	75
<b>Figure 11:</b> Evolution de la concentration plasmatique de glucose selon l'âge de la mère chez les agneaux D'man	75
<b>Figure 12:</b> Evolution de la concentration plasmatique de protéines selon la saison de naissance chez les agneaux D'man	76
<b>Figure 13:</b> Evolution de la concentration plasmatique de protéines selon le poids de naissance chez les agneaux D'man	76
<b>Figure 14:</b> Evolution de la concentration plasmatique de protéines selon la taille de portée chez les agneaux D'man	76
<b>Figure 15:</b> Evolution de la concentration plasmatique de cholestérol selon la saison de naissance chez les agneaux D'man	77
<b>Figure 16:</b> Evolution de la concentration plasmatique de cholestérol selon le poids de naissance chez les agneaux D'man	77
<b>Figure 17:</b> Evolution de la concentration plasmatique de cholestérol selon la taille de portée chez les agneaux D'man	77
<b>Figure 18:</b> Evolution de la concentration plasmatique de triglycérides selon la saison de naissance chez les agneaux D'man	78
<b>Figure 19:</b> Evolution de la concentration plasmatique de triglycérides selon le poids de naissance chez les agneaux D'man	78
<b>Figure 20:</b> Evolution de la concentration plasmatique de triglycérides selon la taille de portée chez les agneaux D'man	78
<b>Figure 21:</b> Evolution de la concentration plasmatique des IgG chez les agneaux D'man.	79
<b>Figure 22:</b> Evolution de la concentration des IgG dans le colostrum chez les brebis D'man	79
<b>Figure 23:</b> Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la saison × parité chez les agneaux D'man	80
<b>Figure 24:</b> Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la taille de portée chez les agneaux D'man	80
<b>Figure 25:</b> Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon le poids de naissance chez les agneaux D'man	80

<b>Figure 26:</b> Evolution de la concentration plasmatique des IgG chez les brebis D'man	81
<b>Figure 27:</b> Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la saison × parité chez les brebis D'man	81
<b>Figure 28:</b> Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la taille de portée chez les brebis D'man	81
<b>Figure 29:</b> Evolution des IgG dans le colostrum selon la saison × parité chez les brebis D'man	82
<b>Figure 30:</b> Evolution des IgG dans le colostrum selon la taille de portée chez les brebis D'man	82
<b>Figure 31:</b> Evolution de la température rectale selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP	83
<b>Figure 32:</b> Evolution de la température rectale selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la station Expérimentale de l'IRA	83
<b>Figure 33:</b> Evolution de la concentration plasmatique de protéines selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP	84
<b>Figure 34:</b> Evolution de la concentration plasmatique de cortisol selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP	84
<b>Figure 35:</b> Evolution de la concentration plasmatique de cholestérol selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP	84
<b>Figure 36:</b> Evolution de la concentration plasmatique de triglycérides selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP	84
<b>Figure 37:</b> Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la survie à 3 jours chez les agneaux D'man élevés à la station Expérimentale de l'IRA	85
<b>Figure 38:</b> Etude de l'attachement mère-jeune chez les ovins D'man	101
<b>Figure 39:</b> Déroulement du processus de mise-bas chez les brebis D'man	103
<b>Figure 40:</b> Variation de traits de mise-bas chez les ovins D'man selon (a) la saison, (b) la taille de portée, (c) la parité et (d) la présentation du fœtus lors d'expulsion	104
<b>Figure 41:</b> Variation de traits de la vigueur chez l'agneau D'man nouveau-né selon (a) la saison et (b) la parité	105
<b>Figure 42:</b> Traits de vigueur chez les agneaux survivants et morts	106
<b>Figure 43:</b> Bêlements bas enregistrés pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man	106
<b>Figure 44:</b> Bêlements hauts enregistrés pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man	107
<b>Figure 45:</b> Accès à la mamelle calculé pour l'ensemble de la portée pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man	107
<b>Figure 46:</b> Temps de tétée calculé pour l'ensemble de la portée pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man	108
<b>Figure 47:</b> Temps de léchage et/ou flairage estimé pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man	108
<b>Figure 48:</b> Comportement de vocalisation à différents temps après la naissance chez 9 agneaux D'man	109
<b>Figure 49:</b> Comportement d'exploration de la mère à différents temps après la naissance chez 9 agneaux D'man	109

<b>Figure 50:</b> Temps de tétée à différents temps après la naissance chez 9 agneaux D'man	109
<b>Figure 51:</b> Temps passé couché à différents temps après la naissance chez 9 agneaux D'man	109
<b>Figure 52:</b> Temps de léchage et/ou flairage du jeune lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man	110
<b>Figure 53:</b> Coups émis envers l'agneau lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man	110
<b>Figure 54:</b> Acceptation à la mamelle de l'agneau lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man	110
<b>Figure 55:</b> Refus à la mamelle de l'agneau lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man	110
<b>Figure 56:</b> Temps d'allaitement lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man	111
<b>Figure 57:</b> Comportement de bêlements lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man	111
<b>Figure 58:</b> Test de reconnaissance du jeune par la mère chez 11 brebis D'man	112
<b>Figure 59:</b> Test de reconnaissance de la mère par le jeune chez 19 agneaux D'man	112
<b>Figure 60:</b> Reconnaissance de la mère par l'agneau selon le poids de naissance chez 19 agneaux D'man	113

## LISTE DES TABLEAUX

Page

<b>Tableau 1:</b> Rations alimentaires distribuées aux brebis D'man	51
<b>Tableau 2:</b> Poids et vitesses de croissance chez les agneaux D'man	53
<b>Tableau 3:</b> Valeurs moyennes de LSM estimées pour le poids à la naissance et poids aux âges types en fonction de la saison de naissance, le sexe, la taille de portée et l'âge de la brebis	54
<b>Tableau 4:</b> Valeurs moyennes LSM estimées pour les Gains Moyens Quotidiens en fonction de la saison de naissance, le sexe, la taille de portée et l'âge de la brebis	55
<b>Tableau 5:</b> Traits morphologique des agneaux D'man élevés à la station de l'IRA, Chenchou, Tunisie	71
<b>Tableau 6:</b> Evolution de la température rectale, des concentrations plasmatiques de glucose, des protéines, de cortisol, de cholestérol et des triglycérides pendant les 3 premiers jours de vie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP (Chenchou, Tunisie)	72
<b>Tableau 7:</b> Evolution de la température rectale (°C) selon l'année, la saison de naissance et le poids de naissance pendant les trois premiers jours de vie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP (Chenchou, Tunisie)	73
<b>Tableau 8:</b> Evolution de la température rectale (°C) selon la taille de portée, l'âge de la brebis et le sexe au cours des trois premiers jours de vie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP (Chenchou)	74
<b>Tableau 9:</b> Variation des traits morphologiques selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la station expérimentale de l'IRA (Chenchou, Tunisie)	82
<b>Tableau 10:</b> Traits de mise-bas étudiés chez les brebis D'man	98
<b>Tableau 11:</b> Traits de la vigueur étudiés chez les agneaux D'man nouveau-nés	99
<b>Tableau 12:</b> Traits de comportements maternel et néonatal étudiés chez les ovins D'man	99
<b>Tableau 13:</b> Calendrier de synchronisation de chaleurs et mise-bas chez le lot des brebis étudiées	101
<b>Tableau 14:</b> Valeurs des traits de mise-bas chez les brebis D'man	102
<b>Tableau 15:</b> Valeurs des traits de vigueur chez les agneaux D'man nouveau-nés	105

## **LISTE DES PHOTOS**

**Page**

<b>Photo 1:</b> Brebis s'écarte du reste du troupeau	98
<b>Photo 2:</b> Brebis en position couchée	98
<b>Photo 3:</b> Sortie de la première poche des eaux	98
<b>Photo 4:</b> Intervention et aide à l'expulsion	98
<b>Photo 5:</b> Brebis parturiente	101
<b>Photo 6:</b> Test de sélectivité	101
<b>Photo 7:</b> Test de reconnaissance	101

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

---

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

La satisfaction des besoins nutritionnels en protéines animales dans une humanité, dont la croissance démographique se poursuit, exige la nécessité d'accroissement de la productivité des systèmes d'élevage et la diversification de leurs produits. Cette exigence d'approvisionnement en quantités suffisantes à partir d'une production locale de viande, lait et œufs est la justification du développement des systèmes intensifs les seuls aptes à garantir les gains recherchés de la productivité.

Selon la FAO (2011), le monde compte environ 1,07 milliard d'ovins et 868 millions de caprins en 2009, soit une proportion d'un ovin pour 6 habitants et d'un caprin pour 7 habitants. Le cheptel ovin a reculé de 11% depuis 1990 alors que le cheptel caprin a progressé de 47% durant la même période.

Depuis 20 ans, le cheptel ovin a régressé dans la plupart des grandes zones de production du monde. A l'échelle de l'UE-27, 3<sup>ème</sup> bassin ovin du monde, il est ainsi passé de 131 millions de têtes en 1990 à seulement 89 millions en 2009, une baisse de 32%. En Nouvelle-Zélande, le cheptel ovin a reculé de 44% sur la même période pour retomber à 32 millions de têtes en 2009 et en Australie, la baisse a atteint 57% avec un cheptel de 72,7 millions de têtes en 2009. En Afrique et en Asie, le cheptel ovin a progressé respectivement de 27% et de 11%.

L'élevage ovin procure une source importante du revenu des éleveurs (Ekiz et al., 2005) grâce à une productivité importante du troupeau. Cette productivité est déterminée par les performances reproductives de la brebis, le taux de survie et le potentiel de croissance des agneaux (Dickerson, 1970). Grâce à l'importance de sa productivité, l'élevage ovin revêt un intérêt économique, social et environnemental important dans l'ensemble des pays à climat méditerranéen (De Rancourt et al., 2006). Pour la plupart des sociétés agricoles du Maghreb, l'élevage ovin constitue une activité majeure voire exclusive génératrice de revenus (Darghouth et Gharbi, 2011).

En Tunisie, l'élevage des petits ruminants principalement les ovins couvre la demande nationale en viande rouge à hauteur de 50% à 65% (Rekik et Ben Hamouda, 2000; Elloumi et al., 2011). Les ressources ovines se distinguent par la diversité des races autochtones adaptées aux conditions d'élevages et dénombrent plus de 6 millions et demi de têtes dont 60% sont des femelles reproductrices (Hammami et al., 2007; Bedhiaf-Romdhani et al., 2008). Par ordre d'importance, on distingue la race Barbarine (60% des effectifs), la Queue Fine d'Ouest (35%) et la Noire de Thibar (2%) spécialisées dans la production de viande, et la Sicilo-Sarde

(2%) considérée comme laitière ou plutôt à double objectifs, lait et viande (Rekik et Ben Hamouda, 2000).

Par ailleurs, la race ovine D'man a été introduite en Tunisie en 1994 par l'importation de 200 brebis et 25 béliers dans le cadre de la coopération Tuniso-Marocaine (Lassoued et Rekik, 2001). Originaire des palmerais du sud Marocain, la race D'man est très intéressante pour sa prolificité élevée et sa précocité sexuelle puisque les jeunes sont aptes à la reproduction dès l'âge de 7 mois (Lahlou-Kassi et al, 1989). En plus, la femelle peut accepter le mâle durant toute l'année en absence d'effet de la saison ce qui permet d'avoir trois agnelages en deux ans voire même deux agnelages par an (Rekik et al., 2011). Grâce à leurs caractéristiques, les ovins D'man sont propagés à travers les oasis et les périmètres irrigués à partir d'un noyau des animaux élevés à la ferme de l'OEP de Gabès. L'extension rapide de la population D'man à travers les oasis tunisiennes et les périmètres irrigués a contribué à la diversification des systèmes de production.

Cependant, si l'intensification de l'élevage D'man en race pure est en faveur d'un avantage du potentiel zootechnique, la question se pose quant aux effets défavorables du rythme accéléré des agnelages et de la prolificité élevée sur le développement, le bien être et la survie des jeunes agneaux. Les faibles performances enregistrées chez les agneaux et les taux élevés de la mortalité représentent des contraintes majeures ayant des répercussions sur la productivité numérique et affectent par voie de conséquence la rentabilité du troupeau. Face à des telles contraintes, plusieurs éleveurs oasiens ont délaissé l'élevage ce qui peut expliquer en partie la régression de la population D'man au cours des dernières années. Par ailleurs, les effectifs actuels des ovins D'man représentent plusieurs générations issues d'une unique importation initiale. En absence d'autres introductions d'animaux, le potentiel génétique des ovins D'man peut être à forte risque de menace par la consanguinité ce qui peut expliquer les faibles performances observées (Rekik et al., 2011). Dans ce travail de thèse, nous nous sommes intéressés à l'étude des facteurs de risque de la mortalité des agneaux D'man élevés dans les oasis de Gabès. Plusieurs composantes peuvent en être à l'origine des risques de la mortalité des agneaux, comme les traits zootechniques, l'environnement, la physiologie néonatale et la relation mère-jeune.

Ce travail de thèse, ayant pour objectif la détermination des facteurs de risque, autres que pathologiques, qui affectent les performances de croissance et contribuent à des taux élevés de la mortalité des agneaux D'man, s'articulera autour de trois parties complémentaires.

## *Introduction générale*

---

La première partie qui consiste en une étude bibliographique qui sera consacrée à la description des ovins D'man prolifiques, les facteurs de risque de la mortalité des agneaux et s'achève par les objectifs spécifiques de thèse. La deuxième partie portera sur le travail expérimental réalisé dans le cadre de ce projet de thèse et comporte trois chapitres. Le premier chapitre est réservé pour l'étude des performances de croissance et de la mortalité chez les agneaux D'man élevés en intensif dans les oasis de Gabès. Le deuxième chapitre porte sur l'étude de la vigueur du nouveau-né, les changements physiologiques postnatals et leurs relations avec la survie et la croissance des agneaux D'man. Le troisième chapitre est consacré à la description du processus de mise-bas, des comportements maternel et néonatal et de l'attachement mère-jeune chez les ovins D'man.

La troisième partie de ce document sera réservée pour la discussion générale. Enfin, nous présenterons les conclusions et les perspectives de recherche.

## **Partie 1: BIBLIOGRAPHIE**

---

## **La race ovine D'man**

### **I. Origine des ovins D'man**

En Maroc, les ovins D'man représentent une race d'intérêt dont la population est estimée à 200,000 têtes (MAMVA, 1993). Cette race est élevée principalement dans les vallées de Zig (sud-est) et Drâa (sud-ouest), aussi bien que dans les vallées de Dades, Magouna et Toudgha entre les régions de Zig et Drâa (Boujenane, 1997).

L'élevage D'man est pratiqué également en Algérie dans les palmerais du Touat, du Tidikelt et du Gourara (Bouix et al., 1974). Dans ces contrées sahariennes de l'Algérie ayant des liens historiques étroits avec le sud marocain notamment le Tafilalet, la dénomination " race de Tafilalet " a été réservée aux ovins D'man. Le nom D'man est attribué à la couleur noire des animaux bien que d'autres phénotypes s'observent comme le brun et le blanc. D'autres dénominations ont été décrites comme " D'Man " ou " Demmane " (Boujenane, 1997).

L'origine des ovins D'man n'a pas été identifiée avec certitude. En se basant sur les ressemblances phénotypiques avec d'autres races marocaines, Barki (1974) a suggéré que la race D'man est apparue suite à plusieurs croisements entre des races locales. Selon Mason (1980), la race D'man est issue par sélection naturelle exercée pendant plusieurs générations des ovins laineux colonisant les forêts de savane de l'Afrique Ouest.

### **II. Reproduction**

#### **II.1. Puberté**

La puberté, signe de l'expression du premier œstrus, est précoce chez les brebis D'man. Dans trois études différentes, l'œstrus est observé chez des agnelles D'man âgées de 150 jours (Harrouni, 1977), 229 jours (Boukhliq, 1986) et 212 jours (Derqaoui, 1992). L'âge à la puberté est influencé par la saison de naissance. Les agnelles qui naissent en juillet atteignent leur puberté précocement entre 110-220 jours d'âge, alors que les agnelles qui naissent en novembre ou en décembre, l'atteignent plus tardivement vers 169-292 jours après la naissance (Lahlou-Kassi, 1980). Selon Boukhliq (1986), 50% des agnelles qui naissent pendant le mois d'avril ou mai manifestent leur premier œstrus plus précocement (5 mois) par comparaison aux agnelles qui naissent en novembre ou en décembre. De même, Lahlou-Kassi et al. (1989) ont observé que 100% des agnelles naissant en mai ou en juin manifestent le premier œstrus à l'âge de 220 jours contre une faible proportion (16%) des agnelles qui naissent en novembre ou en décembre malgré un poids faible à la puberté (17,8 vs 23,3 kg).

Le poids à la puberté varie énormément chez les agnelles D'man, soit de 15 à 24,1 kg, selon les études (Bouix et al., 1974; Lahlou-Kassi, 1980; Boukhliq, 1986; Derqaoui, 1992).

La précocité sexuelle est une spécificité aussi bien pour les femelles que les mâles chez les ovins D'man. Benseghir (1978) a rapporté que le comportement sexuel est apparu vers l'âge de 18 semaines chez les mâles. Bien que l'agneau éjacule pour la première fois à partir de 120 jours, les spermatozoïdes ne sont observés qu'à l'âge de 166 jours avec un poids moyen de l'ordre de 19,7 kg. La collecte de semences à l'aide d'un vagin artificiel est possible vers 189 jours d'âge. En moyenne, les échantillons collectés de sperme contiennent  $1,03 \cdot 10^9$  spz mL<sup>-1</sup> (Benseghir, 1978).

Dans les conditions d'élevage des vallées de Zig et Drâa au Maroc, l'âge à la première mise-bas varie de 9 à 22 mois dont 31% des agnelages se produisant avant 12 mois et 66% des femelles ont leur conception avant l'âge d'un an (Barki, 1974; Arif, 1978; El Fakir et al., 1979). Par ailleurs, l'âge à la première mise-bas est de l'ordre de 17,7 mois (Harrouni, 1977), 15,8 mois (Khallouk, 1987) et 13,3 mois (Bouix et al., 1974) chez les brebis élevées dans les stations expérimentales. La conception des jeunes agnelles peut se produire d'une manière accidentelle ce qui permet d'avoir des mise-bas à l'âge de 8 mois, démontrant que l'entrée en cycle est possible à partir de 3 mois (Bouix et al., 1974).

### **II.2. Saison de reproduction**

Les brebis D'man mettent bas durant l'année grâce à leur activité sexuelle continue et/ou limitée uniquement pendant des courtes périodes (Bouix et al., 1974; Lahlou-Kassi, 1982). Selon Boutgayout (1980), les mise-bas s'observent rarement en août et en septembre ainsi qu'entre février et avril. El Fakir et al. (1979) ont observé que 50% des agnelages se déroulent entre le mois de décembre et mars. Les fluctuations de la durée de jour influent sur la manifestation de l'oestrus et l'activité ovarienne des brebis D'man. L'oestrus est fréquemment manifesté pendant les jours longs (Lahlou-Kassi, 1980) ce qui justifie une activité sexuelle optimale en juin et minimale en avril (Harrouni, 1977).

### **II.3. Fertilité**

Le taux de conception des brebis D'man saillies en lutte naturelle est de 86,9% (Boujenane et al., 1982). Des observations similaires ont été rapportées chez des brebis d'autres races luttées naturellement par des béliers D'man (Chafik, 1986; Lahlou-Kassi et al., 1989; Boujenane et Bradford, 1991; Bourfia et Touchberry, 1993b). La fertilité des brebis adultes est plus élevée par comparaison aux jeunes brebis (Ben Lakhal, 1983; Chafik, 1986;

Ben Ahmed, 1991). La fertilité des brebis D'man est influencée par la saison de reproduction, avec un taux plus élevé en été par comparaison à l'automne (Bouix et al., 1977). De même, Arif (1978) a remarqué une faible fertilité des brebis D'man pendant le mois de février.

### **II.4. Taux d'ovulation et taille de portée**

Les brebis D'man possèdent un taux d'ovulation qui varie de 2,5 à 3,18 (Lahlou-Kassi et Marie, 1981; Derqaoui, 1992). Selon les études, 1 à 8 corps lutéiniques ont été signalés chez les brebis D'man avec des proportions allant de 0,8% à 32,9% (Lahlou-Kassi et Marie, 1981, 1985; Boujenane et al., 1988; Boujenane, 1989; Bradford et al., 1989). Le taux d'ovulation est plus important (2,78) chez les brebis multipares par comparaison aux primipares (2,33). De même, ce paramètre reproductif enregistré entre mai et juillet est plus important (2,87) par comparaison à celui (2,28) entre février et avril (Lahlou-Kassi et Marie, 1981). Par ailleurs, Derqaoui (1992) a rapporté un taux d'ovulation égal à 2,12 au premier œstrus. Le taux élevé d'ovulation des brebis D'man peut être expliqué par une proportion élevée de follicules matures et une faible proportion de follicules atrétiques (Lahlou-Kassi et Mariana, 1984). Ceci est liée à une concentration élevée de FSH pendant la période préovulatoire (Lahlou-Kassi et al., 1984).

La prolificité des brebis D'man varie selon le mode de conduite et l'âge. Dans une étude menée en dehors de la vallée de Drâa considérée comme étant le berceau des ovins D'man, Arif (1978) a rapporté une faible taille de portée (1,46). Par contre, Bouix et al. (1974) ont rapporté une taille de portée plus élevée (2,18). En moyenne, la taille de portée des brebis D'man est égale à 2,1 à la naissance avec une grande variation selon les études (Lahlou-Kassi et al., 1989; Derqaoui, 1992; Bourfia et Touchberry, 1993b). Plusieurs études ont rapporté une taille de portée allant d'un à sept agneaux chez les brebis D'man avec des proportions de 34,6% ; 45,5% ; 16,1% ; 3,3% ; 0,4% ; 0,1% et 0,02% (Bouix et al., 1974; Harrouni, 1977; Lahlou-Kassi et Marie, 1985; Boujenane et al., 1988; Bradford et al., 1989; Ben Ahmed, 1991). Selon Bouix et al. (1977), les jeunes brebis D'man ont une faible prolificité (de 167 à 200%) par comparaison aux brebis plus âgées (de 198 à 267%).

### **II.5. Rythme de reproduction**

Le rythme de reproduction des brebis D'man est accéléré ce qui permet d'avoir trois agnelages tous les deux ans grâce à la réduction de l'intervalle entre deux mises-bas. Selon Raymond (1978), 87,5% des brebis qui mettent bas en printemps peuvent donner naissance de nouveau pendant l'automne. Une grande variabilité de l'intervalle entre deux mise-bas a été

signalée chez les brebis D'man dont la valeur varie de 191 à 260 jours (Bouix et Kadiri, 1975; Harrouni, 1977; Arif, 1978; El Fakir et al., 1979; Boutgayout, 1980; Khallouk, 1987). Dans 50% et 81% des cas, l'intervalle entre deux misebas est respectivement inférieur à sept mois et un an, ce qui permet d'avoir un rythme moyen d'agnelages de l'ordre de 1,4 par an (El Fakir et al., 1979).

### **II.6. Performances de croissance et productivité**

Le poids à la naissance des agneaux D'man est généralement faible de l'ordre de 2,2 à 2,3 kg (Boujenane et al., 1982; Berger et al., 1989). Il est influencé par le type de naissance, avec une variation de 2,9 kg pour les simples à 1,9 kg pour les triplets et plus. Boujenane et Kerfal (1990) ont rapporté un poids à la naissance des jumeaux, triplets et quadruplets respectivement égal à 87%, 72% et 62% de celui des agneaux simples. De même, les poids aux âges types 30, 90 et 180 jours sont faibles, respectivement de l'ordre de 6,5 kg, 15 kg et 23 kg (Berger et al., 1989; Boujenane et Kerfal, 1990; Ben Ahmed, 1991; Boujenane et al., 1991a; Bourfia et Touchberry, 1993a). Les agneaux D'man se caractérisent par une faible vitesse de croissance dont la valeur varie de 140 à 180 g/j entre la naissance, 30 jours et 90 jours (Boujenane et al., 1982). Le sexe influe sur le poids des agneaux D'man avec une supériorité des mâles qui excèdent les femelles à différents âges. De même, les agneaux qui naissent de jeunes brebis sont plus légers par comparaison à ceux naissant de brebis plus âgées (Bouix et al., 1977; Berger et al., 1989; Boujenane et Kerfal, 1990; Ben Ahmed, 1991).

En considérant le taux moyen des agneaux sevrés (de 1,45 à 1,97) par brebis mise en reproduction, la productivité des ovins D'man est d'importance considérable (Berger et al., 1989; Ben Ahmed, 1991; Boujenane et Bradford, 1991; Boujenane et al., 1991b; Bourfia et Touchberry, 1993b). La taille de portée au sevrage est influencée par l'âge de la brebis avec une supériorité (2,13) des brebis âgées par comparaison aux brebis (1,69) plus jeunes (Bouix et Kadiri, 1975). Vers un sevrage de 90 jours, le poids moyen de la portée varie selon les études de 19 à 30 kg (Berger et al., 1989; Boujenane et al., 1991b; Bourfia et Touchberry, 1993b). Bourfia et Touchberry (1993b) ont signalé que la productivité pondérale au sevrage peut atteindre 71% du poids de la brebis. Cependant, une productivité pondérale plus importante (80,5 kg) a été remarquée chez une brebis D'man élevée en station à la vallée de Zig.

## **II.7. Production laitière**

L'estimation de la production laitière chez la brebis varie selon les méthodes utilisées et la durée de lactation. La pesée de l'agneau avant et après l'allaitement a permis d'estimer une production laitière des brebis D'man d'environ 87 kg pendant 13 semaines de lactation (El Maarouf, 1986). Boujenane et Kerfal (1992) ont mentionné une production laitière plus importante (113 kg) sur une durée de lactation égale à 12 semaines. La production laitière estimée par la méthode de l'injection de l'ocytocine est égale à 97 kg et 81 kg, respectivement pendant 12 semaines (Behba, 1975) et 10 semaines de lactation (Boujenane et Lairini, 1992). Les études ont montré que le lait des brebis D'man contient en moyenne 5,6% de matière grasse, 5% de protéines, 16,5% de matière sèche et 0,9% des minéraux. De même, il contient environ 916 kcal kg<sup>-1</sup> d'énergie (Bendaoud, 1976; Ajjaj, 1978; Asserrhine, 1984).

## **III. Mortalité des agneaux**

En plus de faible poids à la naissance ainsi que des faibles performances de croissance, les agneaux D'man ont un taux de mortalité élevé. Entre la naissance et le sevrage, Boujenane et al. (1982) ont rapporté un taux de mortalité égal à 18,4%. Souvent, la mortalité se produit à la naissance ou pendant les dix premiers jours de vie. Le taux élevé de mortalité des agneaux D'man résulte de faible poids à la naissance, en particulier en cas des grandes portées (Bouix et al., 1974; Arif, 1978; Boutgayout, 1980; Ezzahiri et al., 1980; Ben Ahmed, 1991). Ainsi, les agneaux qui possèdent un poids à la naissance inférieur à 1 kg ont une faible chance de survie (12,7%), alors que les agneaux ayant un poids à la naissance supérieur à 4 kg survivent avec un taux de 100% (Berger et al., 1989). De même, la mortalité néonatale des agneaux est fréquemment observée dans les portées triples et plus. Selon Berger et al. (1989), le taux de survie des agneaux quadruplets et plus est d'environ 40, 37 et 23% plus faible par comparaison au taux de survie des simples, jumeaux et triplets. L'amélioration des conditions d'élevage des brebis D'man peut avoir des effets bénéfiques sur la survie des jeunes. Un taux faible de la mortalité (4%) a été observé entre la naissance et 90 jours dans des conditions optimales d'élevage (Boujenane et al., 1991a). Par ailleurs, l'âge de la brebis peut influencer la survie des agneaux. Dans ce cadre, Bouix et Kadiri (1975) ont signalé un taux élevé (20,1%) de la mortalité des agneaux D'man nés de brebis âgées par comparaison aux taux enregistrés chez des agneaux nés de jeunes brebis (10,8%).

## **Facteurs de risques de la mortalité des agneaux**

### **I. Introduction**

La mortalité des agneaux est classiquement décrite par tranche d'âge (Gautier et Corbière, 2011). Bien que les bornes de ces tranches d'âge varient selon les études, un découpage a été admis en regroupant:

- La mortalité prénatale qui comprend les cas de mortalité embryonnaire (du 11<sup>ème</sup> au 45<sup>ème</sup> jour après la fécondation) et fœtale (ou avortement; au-delà du 45<sup>ème</sup> jour). En pratique, le diagnostic de gestation n'étant pas réalisé avant 40 à 50 jours, la mortalité embryonnaire est souvent confondue avec de l'infertilité. De ce fait, le terme « avortement » ne regroupe bien souvent que l'expulsion observée d'un fœtus non viable ou d'un fœtus mort dans l'utérus avant le terme de la gestation.

- La mortinatalité correspond aux agneaux qui meurent pendant la naissance et on parle d'agneaux mort-nés.

- La mortalité postnatale ou mortalité néonatale concerne les agneaux morts après la naissance et peut être découpée en trois phases (Seegers et al., 1984, Fragkou et al., 2010). On distingue, la mortalité postnatale immédiate (entre la naissance et 48 h-72 h), la mortalité postnatale intermédiaire (entre 48 h-72 h et une semaine) et la mortalité postnatale tardive (entre une semaine et un mois d'âge ou le sevrage). L'ensemble de cette mortalité est parfois décrit sous le terme de mortalité périnatale (Gautier et Corbière, 2011).

La survie de l'agneau est une composante complexe qui peut être déterminée par la vigueur à la naissance, les performances maternelles de la brebis et les conditions climatiques du milieu d'élevage (Watson, 1972; Eales et al., 1983). La plupart des études ont signalé que la mortalité des agneaux parvient principalement au cours de trois premiers jours de vie (Dalton et al., 1980; Nicoll et al., 1999). La mortalité périnatale concerne particulièrement les agneaux multiples (Kerslake et al., 2005; Everett-Hincks et Dodds, 2008).

Les agneaux nés dans des portées multiples sont moins vigoureux dès la naissance, possèdent un poids léger et une faible température rectale par comparaison aux agneaux simples et doubles (Dwyer, 2003; Dwyer et Morgan, 2006; Gootwine, 2005; Gardner et al., 2007; Gootwine et al., 2007; Stafford et al., 2007). Ils se caractérisent également d'un rapport élevé entre la surface corporelle et le poids (Alexander, 1979; McCutcheon et al., 1981; Stafford et al., 2007), des réserves corporelles réduites (Alexander, 1978) et un comportement de tétée retardé (Alexander et Williams, 1966). Par conséquent, ces catégories d'agneaux

(multiples) sont plus prédisposées aux risques de la mortalité à cause de l'hypothermie (Dalton et al., 1980; Morris et Kenyon, 2004; Thomson et al., 2004; Kerslake et al., 2005; Everett-Hincks et Dodds, 2008).

La mortalité élevée des agneaux élevés en intensif est également attribuée à l'incidence des dystocies suite à des agnelages difficiles et/ou prolongés et aux effets combinés de la faim ainsi que des pauvres soins maternels (Dalton et al., 1980; Knight et al., 1988; Kerslake et al., 2005). Les aléas environnementaux, la rareté des réserves corporelles, les problèmes de thermorégulation, le retard et/ou la faible sécrétion lactée, le comportement maternel et/ou néonatal inapproprié, la compétition à l'allaitement et éventuellement des mamelles défectueuses sont des facteurs multiples qui peuvent interagir et affectent négativement la survie du nouveau-né (Nowak et Poindron, 2006).

Le recours à des autopsies est une tâche indispensable pour déterminer la date et les causes spécifiques de la mortalité des agneaux (Haughey, 1993; Kerslake et al., 2005; Everett-Hincks et Dodds, 2008).

D'une manière générale, les risques qui prédisposent l'agneau à une mortalité accrue peuvent être en rapport avec:

- Un déficit de l'alimentation maternelle et du transfert placentaire,
- Un faible poids de naissance,
- Une thermorégulation et une physiologie périnatale défectueuses,
- Une prise du colostrum et un transfert des immunoglobulines retardés,
- Des mise-bas dystociques et des troubles du comportement (relation mère-jeune).

## **II. Alimentation maternelle et efficacité placentaire**

Le niveau d'alimentation de la brebis gestante peut être à l'origine des risques de la mortalité des agneaux. L'effet de l'alimentation s'exerce surtout pendant le dernier tiers de la gestation ce qui prouve l'existence d'une phase critique pour la croissance fœtale (Mellor et Matheson, 1979). D'une manière générale, la sous-alimentation engendre une réduction importante du poids à la naissance, alors que la suralimentation contribue à des mise-bas dystociques voire même la mort néonatale.

La fin de gestation est une période critique pour le cycle reproductif de la brebis, particulièrement en cas de portées multiples (Grizard et al., 1979). Cette période se caractérise par un déficit des apports alimentaires en énergie, une captation du glucose par l'utérus fortement accrue par la croissance pondérale des fœtus (Kronfeld, 1972) et des apports

alimentaires ralentis à cause d'une diminution de la consommation volontaire (Tissier et al., 1975). La diminution de la consommation volontaire est due à l'accroissement du volume de l'utérus, à la baisse de la sécrétion de progestérone et l'augmentation des œstrogènes (Terqui et Delouis, 1975). La progestérone favorise l'ingestion alors que les ostrogènes l'inhibent (Baile et Forbes, 1974; Bargeloh et al., 1975). La captation de matières azotées par l'utérus gravide ne dépasse les apports alimentaires que pendant les quelques jours qui précèdent la mise-bas (Tissier et Thériez, 1978). Les carences qui en résultent se traduisent par une diminution de la proportion de glucose et d'acides aminés sanguins qui sont oxydés en gaz carbonique (Ford et Reilly, 1970). Des modifications de la teneur sanguine en acides aminés libres sont également la conséquence des carences en matières azotées en fin de gestation (Offer et al., 1975).

L'importance de l'alimentation de la brebis sur le poids et la survie de agneaux a fait l'objet de plusieurs études (Robinson et al., 1977; Mellor et Matheson, 1979, Wallace et al., 1996; Heasman et al., 2000). Les résultats publiés diffèrent selon les auteurs, la race et les valeurs définies pour le poids " optimum " et au seuil 100% du besoin énergétique de la brebis. L'effet d'une sous-alimentation pendant la gestation sur le poids à la naissance dépend du moment de la restriction (Tissier et Thériez, 1978). Par exemple, une sous-alimentation pratiquée pendant les trois premiers mois de gestation peut engendrer une perte (10%) du poids maternel, une réduction du développement placentaire (Wallace, 1948) et une diminution de la croissance fœtale (Everitt, 1964). Cependant, l'effet d'une sous-alimentation modérée entre le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> mois de gestation n'est envisageable que dans la mesure où le déficit pourra être ou non récompensé par une alimentation à volonté en fin de gestation (Tissier et Thériez, 1978).

La diminution du poids du fœtus en fin de gestation est étroitement associée à la réduction de la masse placentaire (Caton et al., 2009). Tant que le développement placentaire chez la brebis se produit pendant les trois premiers mois, la masse du placenta n'est pas affectée suite à une suralimentation pendant le dernier tiers de gestation (Wallace et al., 2001, 2006). L'effet d'une restriction placentaire relativement tardive sur la croissance fœtale est précédé par la réduction de l'activité proliférative au niveau du trophoctoderme fœtale vers le mi gestation (Lea et al., 2005) et la diminution de l'expression des facteurs angiogéniques de croissance (Redmer et al., 2005).

Les problèmes du transfert trans-placentaire ont été décrits pour des placentas réduits incapables de diffuser de manière adéquate des nutriments et de l'oxygène de la brebis au fœtus (Mellor et Murray, 1985; Mellor, 1988). Les agneaux qui ont souffert d'une

insuffisance placentaire possèdent un poids faible à la naissance et manifestent des signes d'une hypoxie prolongée comme l'augmentation de la concentration plasmatique du lactate (Barlow et al., 1987; Mellor, 1988; Stafford et al., 2007). L'augmentation du lactate sanguin résulte d'un faible pouvoir de thermorégulation pendant les 6-8 premières heures de vie et une baisse de la production de chaleur (Eales et Small, 1980b).

La capacité de diffusion trans-placentaire des nutriments et de l'oxygène varie en fonction de la surface placentaire, du nombre de placentômes et de la vitesse de circulation sanguine. Une relation négative a été signalée entre le nombre de placentômes par fœtus et la taille de portée chez les ovins (Dwyer et al., 2005; Kenyon et al., 2005). Pareillement, la vitesse de circulation sanguine entre le placenta et l'utérus est faible en cas de gestation multiple (Rhind et al., 1980).

### **III. Poids à la naissance**

La vigueur de l'agneau nouveau-né est étroitement liée à son poids de naissance. Il influe significativement sur l'expression du comportement néonatal ainsi que sur la reconnaissance mère-jeune. Se mettre debout, chercher les mamelles et la rapidité des premières tétées sont des éléments vitaux pour l'agneau nouveau-né. Un retard d'allaitement perturbe la mise en place des liens mère-jeune et contribue au rejet de l'agneau par la mère et sa mort à cause de la faim (Stevens et al., 1982; Nowak et Poindron, 2006).

L'amélioration de la productivité des ovins se base essentiellement sur le choix des brebis de bonnes performances et qui produisent des agneaux vigoureux (Strutz et Glombitza, 1986). La relation curviligne entre le taux de la mortalité et le poids de naissance chez les agneaux est à tenir en compte lors du choix des animaux pour la reproduction. Les agneaux les plus lourds ou les plus légers présentent un risque de mortalité accru par comparaison à ceux ayant des poids intermédiaires (Hight, 1970; Watson, 1972; Villette et al., 1984). Le poids à la naissance de l'agneau varie considérablement sous l'effet des facteurs génétiques et environnementaux (Gootwine et Rozov, 2006). La maîtrise des facteurs de variation du poids de naissance est d'importance primordiale à l'égard des effets exercés directement sur la survie néonatale et le bien être des agneaux (Cogswell et Yip, 1995; Godfrey et Barker, 2001).

#### **III.1. Effets d'origine maternelle**

Chez les ovins, l'effet maternel exercé sur le poids à la naissance est déterminé par des facteurs d'ordre génétique et environnemental. L'étude des performances maternelles est

d'intérêt considérable lors du choix pour la reproduction des races de formats différents, en particulier les races prolifiques (Hunter, 1956). L'état corporel de la brebis au moment de la conception et la prise énergétique en fin de gestation expliquent une grande variation du poids à la naissance. Seulement, une sous-alimentation sévère en fin de gestation peut affecter d'une manière significative le poids à la naissance chez l'agneau en provoquant une réduction qui dépasse 500 g (Robinson et al., 1977; Gardner et al., 2007).

Des études ont rapporté que le poids à la naissance de la mère est positivement corrélé au poids à la naissance de sa progéniture (Bradford, 1972, Brooks et al., 1995; Gardner et al., 2007). Chez les humains par exemple, le poids de la mère est un facteur environnemental expliquant 12% de la variation du poids à la naissance (Brooks et al., 1995) avec l'implication d'autres facteurs. L'âge de la mère, la taille de portée et le sexe de la progéniture ont des effets significatifs sur la croissance fœtale et le poids de naissance de l'agneau (Wallace, 1948; Robinson et al., 1977; Black, 1983).

La taille de portée agit sur la croissance fœtale et le poids à la naissance du nouveau-né par ses effets directs exercés sur le transfert trans-placentaire et le nombre de cotylédons par fœtus (Rhind et al., 1980). Le développement placentaire et la disposition des fœtus dans l'utérus influent également sur le poids à la naissance (Mc Donald et al., 1981). Dans les portées triples, le seul fœtus dans la corne utérine se caractérise par un développement placentaire optimal et un poids de naissance plus important par comparaison aux fœtus jumeaux. En plus de leur faible poids à la naissance, les agneaux triplets subissent une compétition *in utero* qui contribue à augmenter la variabilité intraportée du poids, et par conséquent, la naissance des agneaux chétifs à haut risque de mortalité (Villette et al., 1984). L'influence de la taille de portée sur le poids de naissance s'explique par des effets liés au génotype du fœtus, à la capacité de la mère à fournir du substrat métabolique au fœtus ainsi que son aptitude physique pour supporter une portée multiple et les effets du compartiment utérin et son anatomie (Gardner et al., 2007). Ces effets agissent en synergie ce qui a incité Gluckman et Hanson (2004) à suggérer la notion de " restriction maternelle de la croissance fœtale ". En effet, la croissance fœtale est restreinte particulièrement en cas des gestations nullipares et multiples. Une telle restriction agit en tant qu'un facteur physicomécanique important en influençant la croissance de l'agneau dans les stades ultérieurs de vie (Gardner et al., 2007).

Par ailleurs, les agneaux multiples se caractérisent par un rapport élevé entre la surface corporelle et le poids (Slee, 1976; Kerslake, 2010), des réserves énergétiques réduites

(Alexander, 1962a; Nowak et Poindron, 2006) et un comportement de tétée tardif comparés aux agneaux simples (Dwyer, 2003; McCutcheon et al., 1981; Everett-Hinks et al., 2005).

La parité de la mère est un facteur environnemental qui influe sur le poids à la naissance en agissant principalement sur la croissance fœtale. Les études ont montré que le nouveau-né de la première naissance possèdent un faible poids par comparaison au nouveau-né de la seconde naissance chez les humains (Cogswell et Yip, 1995; Ong et al., 2002) et les ovins (Bradford, 1972; Bradford et al., 1974). L'utérus subit une vascularisation importante pendant la première gestation (Khong et al., 2003) ainsi que l'expansion d'un grand volume du sang pendant la deuxième gestation (Campbell et MacGillivray, 1984). Ces changements sont liés à des mécanismes physiologiques et possèdent des effets positifs sur la croissance fœtale. Cependant, ces effets positifs ne s'observent que chez les produits de la troisième et la quatrième gestation avant de marquer une diminution progressive (Stegeman, 1974).

Par ailleurs, les effets engendrés par les facteurs physicomécaniques de l'utérus prédominent les effets attribués aux mécanismes physiologiques dans le cas des gestations multiples, et par conséquent, l'effet de la parité sur le poids est négligeable. En effet, l'augmentation du rang de la parité reflète l'avancement en âge, considéré à son tour, comme un facteur indépendant qui influence sur le poids à la naissance (Hemminki et Gissler 1996).

La restriction de la croissance fœtale chez les brebis primipares de portées multiples permet de conclure à l'existence d'une relation entre la réduction du volume utérin et la faible variation du poids à la naissance (Gardner et al., 2007). Chez les brebis multipares de portées simples, la croissance fœtale est essentiellement sous l'influence du génotype du fœtus puisque la restriction fœtale est absente (Kuzawa, 2005). Les effets combinés exercés par la parité et la taille de portée sur le poids à la naissance méritent plus d'études (Gardner et al., 2007).

### **III.2. Autres effets**

La saison de mise-bas est un facteur environnemental qui influe sur le poids à la naissance des agneaux. Les agneaux nés en automne sont souvent plus légers comparés aux agneaux nés en printemps (Al-Shorepy et Notter, 1998; Jenkinson et al., 1995; McCoard et al., 1996; Ortavant et al., 1988). L'effet de la saison de mise-bas peut être expliqué par des variations photopériodiques pendant l'année (Ortavant et al., 1988), des changements du régime alimentaire de la brebis gestante (Redmer et al., 2004) et des différences de la capacité thermique du fœtus (Shelton et Huston, 1968).

Le sexe du nouveau-né exerce des effets significatifs sur le poids à la naissance avec une supériorité de mâles par comparaison aux femelles (Robinson et al., 1977; Black, 1983). Le poids à la naissance des agneaux mâles excède (300 à 400 g) celui des femelles (Robinson et al., 1977; de Zegher et al., 1999; Cruickshank et al., 2005). Cette supériorité s'explique par la présence du chromosome Y et les produits du gène *sry*, tels que les androgènes et l'hormone antimüllérienne engendrant des effets spécifiques sur la croissance et le développement fœtale (Haqq et al., 1994 ; de Zegher et al., 1999, Loos et al., 2001).

Des différences physiologiques liées à la variabilité importante du poids de naissance s'observent entre les agneaux simples et multiples et influent sur leur survie (Bloomfield et al., 2007). L'étude des facteurs de variation du poids à la naissance chez les agneaux multiples est une étape primordiale pour développer des programmes d'amélioration des performances de croissance et de survie (Cogswell et Yip, 1995; Godfrey et Barker, 2001; Kerslake, 2010).

## **IV. Thermorégulation et thermogénèse chez le nouveau-né**

### **IV.1. Thermorégulation**

La survie du nouveau-né peut être appréciée à l'aide des critères cliniques simples, en particulier le déclenchement d'une respiration immédiate et régulière, le réflexe de succion, les tentatives pour se mettre debout dans un délai d'une demi-heure et l'activité de recherche de la mamelle et les comportements de tétée (Edwards, 1983). Ces éléments traduisent un état physiologique satisfaisant qui permet la mise en place des mécanismes de la thermorégulation et leur maintien (Vermorel et al., 1984).

Chez les ovins, la naissance correspond à une rupture de l'équilibre thermique du fœtus qui passe brutalement d'une température de 38,8 °C dans l'utérus à une température ambiante inférieure à 20 °C dans les bergeries ou les étables en hiver, et parfois même inférieure à 0 °C. Or, la perte de chaleur chez le nouveau-né est proportionnelle à la surface corporelle ainsi qu'à la différence de température entre la peau et le milieu environnant (air, sol,...). Cette différence de température passe brusquement de moins d'un degré dans l'utérus à une valeur de 20 à 50 °C dans le cas de mise-bas en plein air (Vermorel et al., 1984).

A la naissance, la température critique est définie comme étant la température ambiante au dessous de laquelle l'organisme du nouveau-né doit augmenter la production de chaleur pour maintenir sa température corporelle. Vermorel et al. (1984) ont rapporté que la température critique chez l'agneau est égale à 38 °C. A cette valeur, la production minimale de chaleur devient triple par comparaison à la quantité moyenne produite pendant le stade

foetal (Alexander, 1962a; Eales et Small, 1980a). L'augmentation de production de la chaleur entre le stade foetal et la naissance résulte d'un accroissement des quantités d'oxygène favorisant l'accélération du métabolisme après la naissance (Vermorel et al., 1984). Pendant les dix minutes après la naissance, l'agneau réagit d'abord pour lutter contre la diminution de sa température cutanée puis contre la diminution de sa température endogène par l'accroissement de quantité de chaleur produite (Alexander, 1962b). La production de chaleur varie selon la température ambiante. Ainsi, si l'agneau est placé dans une ambiance de température égale à 26 °C, environ un quart de la chaleur latente d'évaporation de l'eau de la toison provient de l'animal, alors que les trois autres quarts sont fournis par l'air ambiant (Alexander, 1962a). La capacité de thermorégulation de l'agneau nouveau-né dépend de son aptitude à minimiser la perte et à maximiser la production de chaleur (Kerslake, 2010).

### **IV.2. Mécanismes de thermogénèse**

La thermorégulation est un système dynamique mettant en équilibre la perte et le gain de chaleur et permettant de maintenir une température corporelle optimale (zone de neutralité thermique) pour la survie du nouveau-né. Si la température corporelle de l'agneau augmente au-delà du seuil critique supérieur ou chute au-dessous du seuil critique inférieur, l'agneau doit faire appel à des mécanismes spécifiques de thermorégulation pour rétablir sa température corporelle (Pough et al., 1990). Ces mécanismes comportent l'accroissement du métabolisme dans les tissus adipeux bruns, le frisson, l'activité physique, et éventuellement le métabolisme des nutriments fournis par le colostrum.

#### **IV.2.1. Thermogénèse sans frisson**

Les études histologiques par microscopie électronique ont permis de mettre en évidence l'existence de tissu adipeux brun chez l'agneau nouveau-né (Gemmell et al., 1972). Le tissu adipeux brun qui représente environ 1,5 à 2% de la masse corporelle de l'agneau nouveau-né est localisé dans les régions péri-rénale, inguinale et préscapulaire (Alexander et Bell, 1975). Contrairement au tissu adipeux blanc, les cellules de tissu adipeux brun renferment plus de cytoplasme, de nombreux petits globules lipidiques et sont riches en mitochondries. Ces caractéristiques acquièrent au tissu adipeux brun une activité métabolique intense.

La thermogénèse sans frisson, grâce à une activité métabolique intense dans le tissu adipeux brun, représente environ 40% du métabolisme de sommet pendant le premier jour de vie chez l'agneau (Alexander et Williams, 1968). Cependant, le tissu adipeux brun se

transforme progressivement en tissu adipeux blanc ce qui aboutit à la diminution de l'activité métabolique et sa disparition avec l'âge (Thompson et Bell, 1976).

### **IV.2.2. Thermogénèse par frisson**

Le frisson est défini comme une contraction réflexe des muscles peauciers qui s'observe immédiatement après la naissance chez des veaux et des agneaux sous une faible température ambiante (Vermorel et al., 1984). Le frisson est suivi d'un tremblement qui concerne les muscles squelettiques et disparaît après le séchage de la toison. Chez l'agneau, le frisson et le tremblement sont suivis d'une augmentation de la production de chaleur fournissant environ 46% de celle correspondant au métabolisme de sommet au premier jour de vie (Alexander et Williams, 1968).

### **IV.2.3. Activité physique**

La dépense énergétique correspondant à l'activité physique contribue également à l'augmentation de la thermogénèse. Par exemple, la production de chaleur augmente en premier temps de 30 à 100% lorsque le veau nouveau-né se débat pour se mettre debout, puis elle est doublée dès qu'il atteint la position debout. Avec l'âge, en moyenne 40% des quantités de chaleur est produite lorsque le veau se met en debout plus rapidement ce qui lui permet de lutter efficacement contre le froid (Vermorel et al., 1984).

### **IV.2.4. Sources énergétiques pour la thermogénèse**

A la naissance, les réserves corporelles sous forme de glycogène hépatique et musculaire, les lipides et les protéines mobilisables sont les principales sources d'énergie disponibles pour l'organisme de l'agneau. En absence d'allaitement, les lipides corporels, le glycogène hépatique et musculaire et les acides aminés des protéines catabolisées fournissent respectivement 60 à 70%, 15% et 15 à 25% de l'énergie disponible pour l'agneau (Alexander, 1961). Quant à la glycogénèse, elle est déclenchée quelques minutes après la naissance et contribue à l'augmentation de glucose sanguin (Warnes et al., 1977; Mellor, 1988; Greenwood et al., 2002). L'augmentation du glucose sanguin est indispensable au maintien de température corporelle (Sunehag et Haymond, 2002; Stafford et al., 2007), au développement des organes et à la croissance (Greenwood et al., 2002). Si l'agneau reste à jeun et exposé au froid, les réserves de glycogène sont rapidement mobilisées, ce qui provoque des convulsions, et par conséquent, entraîne la mort par coma hypoglycémique.

La mobilisation des acides aminés contribue à la néoglucogénèse qui se déclenche rapidement après la naissance et assure un taux élevé de glycémie chez l'agneau (Warnes et

al., 1977). Chez l'agneau, le glucose est utilisé en priorité par le tissu musculaire pour exercer le frisson, le tremblement et l'activité locomotrice. Les acides gras provenant des lipides du tissu adipeux blanc sont utilisés dans le tissu adipeux brun, très irrigué en cas d'exposition au froid, et dans les muscles pour exercer le tremblement (Alexander, 1975).

Par ailleurs, l'agneau nouveau-né tire ses besoins énergétiques par l'apport exogène des glucides et des lipides à partir du colostrum ingéré (Jarrett et al., 1994). Le colostrum est une source alimentaire fournissant à l'organisme du nouveau-né des quantités importantes de glucose, d'acides aminés et d'acides gras qui lui permettent d'accroître la durée de résistance au froid (Eales et Small, 1981).

L'accroissement du métabolisme de sommet est dû en particulier à l'apport du glucose qui permet d'accélérer le métabolisme cellulaire. Dans un environnement froid, la production de chaleur est assurée par l'accélération du taux métabolique permettant le réchauffement de l'organisme en récompensant les quantités de chaleur perdues dans l'environnement. En cas d'une insuffisance de production de chaleur, la température corporelle marque une brusque diminution. Dans un environnement frais, le taux métabolique augmente pour atteindre un maximum appelé " pic du métabolisme ". Après une production maximale de chaleur, les basses températures ambiantes contribuent à l'épuisement de taux métabolique ce qui diminue la température corporelle de l'agneau qui se trouve en hypothermie (Cannon et Nedergaard, 2004).

### **IV.3. Contrôle de la thermorégulation**

Lorsque la température corporelle centrale de l'agneau nouveau-né chute au dessous de la zone de neutralité thermique, l'organisme doit activer des mécanismes spécifiques de thermorégulation avant et après la naissance en ordre pour produire des quantités supplémentaires de chaleur et maintenir sa température corporelle.

A la naissance, le froid stimule les récepteurs thermiques situés à plusieurs niveaux de l'organisme comme la peau, la muqueuse des voies respiratoires, la région préoptique de l'hypothalamus, la moelle épinière, les muscles et les viscères abdominaux etc., (Vermorel et al., 1984). Les signaux fournis par ces récepteurs sont intégrés par la région postérieure de l'hypothalamus qui élabore des réponses graduées et proportionnelles au déséquilibre du thermostat. Ces réponses sont adressées dans un premier temps au système nerveux central puis à l'hypophyse. Le système nerveux sympathique réagit en déclenchant une série de réponses telles que la vasoconstriction périphérique qui limite la thermolyse, la sécrétion de glucagon par le pancréas et de l'adrénaline et la noradrénaline par la médullosurrénale. Ces

catécholamines entraînent à la fois une vasodilatation interne et une mobilisation des réserves corporelles (glycogénolyse, lipolyse) donc un afflux de nutriments énergétiques vers les tissus effecteurs (muscles, tissu adipeux brun). De même, la noradrénaline accélère le métabolisme du tissu adipeux brun (Thompson et Bell, 1976). Ainsi, la thermogénèse sans frisson est le premier mécanisme de la production de chaleur mis en jeu (Bruck, 1978).

L'axe HPA est activé chez le fœtus ovin juste avant la naissance ce qui permet le déclenchement d'un pic prénatal du cortisol par la corticosurrénale (Stanko et al., 1991; Miller et al., 2010). Le pic prénatal du cortisol induit la sécrétion de la triiodothyronine (T3) (Fraser et Liggins, 1989; Forhead et al., 2006). Ces hormones (cortisol et T3) assurent la maturation physiologique du tissu adipeux brun, du foie et des poumons pour assurer une thermorégulation efficace après la naissance (Liggins, 1994; Fowden et al., 1998).

La libération de l'hormone TSH (Thyroid Stimulating Hormone) par l'hypophyse au cours des premières heures après la naissance déclenche la libération de la triiodothyronine (T3) et de la tétraïodothyronine (T4) par la glande thyroïde. Ces hormones thyroïdiennes (T3 et T4) permettent l'augmentation du métabolisme et le maintien de la température corporelle chez l'agneau (Cabello, 1983; Symonds et al., 1995). La production des hormones thyroïdiennes chez le fœtus ovin dépend principalement de l'absorption de l'iode sanguin au niveau de la glande thyroïdienne (Underwood et Suttle, 1999). A partir de 50<sup>ème</sup> jour de gestation, l'iode est transporté activement de la circulation sanguine maternelle vers le fœtus à travers le placenta pour servir d'une synthèse autonome des hormones thyroïdiennes (Potter et al., 1986).

La noradrénaline, le cortisol et les hormones thyroïdiennes agissent indépendamment et/ou en synergie pour mobiliser et/ou produire des substrats énergétiques, comme le hydrate de carbone et les graisses (Fowden et al., 1993; Silva, 1995). Ils sont également impliqués dans la synthèse des protéines comme la protéine non-couplée UCP1 (Mory et al., 1984; Silva, 1995; Mostyn et al., 2003) et des enzymes glycogéniques telles que la glucose-6-phosphatase et la phosphoenolpyruvate carboxykinase (Fowden et al., 2001; Forhead et al., 2003).

Après la naissance, la thermorégulation frissonnante et non-frissonnante représentent les principaux mécanismes de la production de chaleur (Ribeiro et al., 2001; Silva, 2001). La chaleur générée par la thermorégulation frissonnante, qui à travers les secousses répétées des muscles squelettiques, convertit l'énergie chimique stockée dans les hydrates de carbone et les graisses en force physique. Quant à la thermorégulation non frissonnante, elle est capable de générer des quantités importantes de chaleur dans le tissu adipeux brun, en mobilisant des

substrats énergétiques, comme les acides gras libres. La thermorégulation non frissonnante contribue également à la synthèse d'ATP non-couplée à partir d'une chaîne de transfert d'électrons par l'intermédiaire d'une protéine mitochondriale spécialisée UPC1 (Nedergaard et al., 2001). L'inefficacité des mécanismes de thermorégulation chez les agneaux à un stade immature et/ou avec des faibles concentrations plasmatiques du cortisol, des hormones thyroïdiennes et de noradrénaline contribue à la production des quantités inadéquates de chaleur et fragilise sa survie (Cabello, 1983; Barlow et al., 1987; Polk et al., 1987; Mellor et Stafford, 2004).

La régulation nerveuse et hormonale de la température centrale est très développée et fonctionnelle à la naissance chez l'agneau, ce qui lui permet de lutter efficacement contre le froid.

#### **IV.4. Adaptations physiologiques postnatales**

L'organisme du nouveau-né doit faire face à la perte de chaleur alors qu'il rencontre des conditions physiologiques difficiles à cause du manque d'oxygène suite à l'incidence d'hypoxie plus ou moins sévère au cours de la naissance. Si l'augmentation de la production de chaleur est retardée ou insuffisante pour compenser les pertes, l'animal se refroidit brutalement. Dès que la température centrale chute au dessous de la zone thermique (thermo-neutralité), l'organisme doit activer des mécanismes thermogéniques appropriés pour dissiper la chaleur dans l'environnement et maintenir la température corporelle.

Le pelage et la toison imprégnés de liquide amniotique présentent une isolation thermique très faible dont l'évaporation entraîne une grande perte de chaleur sous forme latente. Le léchage du nouveau-né par la mère est important pour la lutte contre cette perte de chaleur. Le comportement de léchage exprimé envers les agneaux multiples de faibles poids est souvent retardé et inapproprié ce qui accentue la perte de chaleur (Vermorel et al., 1984).

Le rapport élevé surface corporelle/poids de naissance contribue à l'accroissement de la perte de chaleur (Sykes et al., 1976; Alexander, 1979; McCutcheon et al., 1981), en particulier sous des climats pluvieux (Alexander, 1962b; Gregory et al., 1999). L'agneau de faible poids continue à produire de la chaleur pour compenser les pertes ce qui le fragilise, d'autant plus que la température critique inférieure (température ambiante à partir de laquelle l'animal doit augmenter sa thermogénèse pour compenser un accroissement de la thermolyse sensible) est plus basse (Sykes et al., 1976; Slee, 1976). Après la naissance, la production de chaleur est déclenchée précocément chez les agneaux de faible poids par comparaison aux

agneaux plus gros ce qui aboutit à l'épuisement rapide de leurs réserves corporelles (Eales et Small., 1980b).

Une relation positive a été signalée entre la concentration plasmatique du cortisol (Bloomfield et al., 2007) et le taux de survie des agneaux (Miller et al., 2010). L'axe hypothalamo-pituitaire (HPA) est moins développé chez les agneaux multiples par comparaison aux agneaux simples ce qui retarde le pic prénatal du cortisol (Edwards, 2002; Gardner et al., 2004). Compte tenu du rôle du cortisol dans la maturation des organes et des tissus ainsi que dans leurs fonctions biologiques (Fowden, 1995), les agneaux multiples naissent dans un état de faiblesse et d'imaturité physiologique (Cabello et Levieux, 1981; Dwyer et Morgan, 2006). De même, l'augmentation de la taille de portée est accompagnée d'une diminution de la concentration plasmatique des hormones thyroïdiennes (Barlow et al., 1987; Dwyer et Morgan, 2006; Stafford et al., 2007). Ceci peut s'expliquer à travers des problèmes d'insuffisance placentaire pendant la gestation qui affectent négativement les taux plasmatiques des hormones thyroïdiennes chez l'agneau dès la naissance (Cabello et Levieux, 1981; Symonds et al., 1995).

En plus d'une diminution de la concentration plasmatique des hormones thyroïdiennes chez les agneaux multiples (Kerslake, 2010), le froid induit une sécrétion importante du cortisol (Olson et al., 1981), la mobilisation des protéines et l'accélération du métabolisme et l'épuisement des réserves énergétiques. Par contre, les agneaux ayant des taux élevés des hormones thyroïdiennes à la naissance sont capables de produire des quantités suffisantes de chaleur (Alexander, 1970) et maintiennent leur température corporelle même pendant les climats froids (Caple et Nugent, 1983; Polk et al., 1987).

L'échec des mécanismes thermogéniques à cause d'un état immature et/ou des faibles concentrations du cortisol et des hormones thyroïdiennes représente un facteur de risque de la mortalité chez les agneaux multiples (Cabello, 1983; Barlow et al., 1987; Mellor et Stafford, 2004).

### **V. Colostrum et transfert de l'immunité**

Le taux élevé de la mortalité des agneaux peut s'expliquer par un défaut du transfert de l'immunité à travers le colostrum ingéré (Marzin et Brelurut, 1979). L'ingestion efficace du colostrum dans un délai bien déterminé est primordiale pour la survie et le développement du nouveau-né.

### **V.1. Production du colostrum**

Chez les ruminants, la production laitière est influencée par des effets d'ordre génétique et environnemental. Le choix des animaux avec des bonnes performances est une stratégie pertinente en élevage ovin. Par exemple, le croisement entre les ovins D'man et Sardi s'accompagne d'une augmentation de la production laitière (Boujenane et Lairini, 1992) et améliore la productivité. Cependant, le croisement entre les races Romanov et Berrichon du Cher est ne pas conseillé puisqu'il affecte négativement la production laitière (Flamant et Bonaiti, 1979).

Le niveau d'alimentation de la brebis gestante exerce des effets significatifs sur la production du colostrum (Hashemi et al., 2008). Une alimentation plus adéquate et l'administration du glucose chez la brebis en fin de la gestation augmentent la production du colostrum (Murphy et al., 1996; Banchemo et al., 2004), alors qu'une sous-alimentation en mi et en fin de gestation affecte négativement la production colostrale (Mellor et Murray, 1985). La diminution des quantités de colostrum affecte négativement le transfert des immunoglobulines (Ig) de la brebis au nouveau-né (O'Doherty et Crosby, 1996).

La taille de portée influe également sur la production du colostrum chez la brebis (Pattinson et al., 1995; O'Doherty et Crosby, 1996; Annett et al., 2005). Un retard du déclenchement de la lactogenèse a été observé chez les brebis de grande portée (Hall et al., 1990; McNeill et al., 1998). Par conséquent, les quantités de colostrum produites sont insuffisantes pour satisfaire l'alimentation et l'immunisation passive des agneaux multiples (Mellor et Cockburn, 1986). Par contre, l'augmentation de taille de portée ne semble pas affecter la production de colostrum chez l'espèce caprine. Les chèvres Hungarian de portée gémellaire produisent des quantités suffisantes du colostrum avec une teneur en immunoglobulines plus importante comparées à celles de portée simple. Ceci explique l'aptitude de l'espèce caprine à produire des quantités du colostrum très riche en immunoglobulines pour satisfaire les besoins des jumeaux (Csapo et al., 1994).

L'âge de la mère possède des effets sur le transfert de l'immunité à travers le colostrum et l'absorption intestinale des immunoglobulines chez le nouveau-né. Les agneaux nés des brebis âgées de six ans et plus ont des teneurs en immunoglobulines relativement faibles par comparaison aux agneaux nés de brebis plus jeunes (Halliday, 1976; Levieux, 1984). De même, la diminution des teneurs en immunoglobulines dans le colostrum est d'autant plus importante que les mères avancent en âge (Villette et Levieux, 1981).

La parité peut influencer sur la teneur en immunoglobulines dans le colostrum ainsi que l'efficacité du transfert immunitaire passive de la mère au jeune. Le colostrum collecté chez

des chèvres Korean multipares renferme des teneurs en immunoglobulines plus importantes par comparaison aux chèvres primipares (Ha et al., 1986). Par contre, selon Dos Santos et al. (1994) aucun effet significatif de la partité n'a été observé sur le transfert des immunoglobulines entre la mère et le nouveau-né chez la chèvre.

Selon la saison de naissance, les veaux nés en hiver ont des faibles teneurs en immunoglobulines par comparaison à ceux nés en printemps, en été et en automne ce qui pose des risques pour leur survie. L'effet de la saison de naissance s'explique par la faible teneur des immunoglobulines dans le colostrum produit en hiver et le froid qui affecte négativement le comportement de tétée chez les veaux (McEwan et al., 1970). Cependant, la diminution de la température environnementale n'a pas d'effets significatifs sur la qualité immunologique du colostrum (Kruse, 1970b) et ne déprime pas la capacité d'absorption intestinale des immunoglobulines chez le veau nouveau-né (Selman et al., 1971).

### **V.2. Propriétés du colostrum**

Le colostrum présente une richesse extraordinaire en lipides et protéines essentiels pour la survie et la croissance du nouveau-né. Il s'agit d'une source supplémentaire de substrats énergétiques indispensables pour l'exécution des fonctions cérébrales et la production de chaleur (Eales et Small, 1981; Clarke et al., 1997). L'importance du colostrum est évidente pour les agneaux multiples en particulier après l'épuisement des réserves corporelles (Mellor et Cockburn, 1986). L'importance du colostrum réside dans la gamme extraordinaire de facteurs de résistance (hormonaux et cellulaires) et des nutriments clés (vitamines A, E, B6 et B12, zinc et certains acides aminés tels que la cystine et la taurine,...).

L'ingestion efficace du colostrum dans un délai bien déterminé est primordiale pour la survie et le développement du nouveau-né. Plusieurs changements physiologiques s'observent dès que l'agneau ingère le colostrum pour la première fois tels que l'augmentation de la température corporelle, ainsi que de protéines plasmatiques, de cholestérol et de triglycérides (Piccione et al., 2010). Ces paramètres physiologiques, qui reflètent l'état métabolique du nouveau-né, varient considérablement en fonction de la saison de mise-bas, le poids de naissance, la taille de portée et l'alimentation (Ibrahim et al., 1984, Wasfi et al., 1987; Nazifi et al., 2003, 2007; Eshratkhah et al., 2008). Le suivi de ces paramètres physiologiques est déterminant pour évaluer l'état sanitaire des animaux de ferme (Nazifi et al., 2002).

L'ingestion du colostrum riche en immunoglobulines est l'unique voie de la protection immune pour le nouveau-né ruminant. Chez la plupart des mammifères domestiques, les immunoglobulines G (IgG), en particulier la sous-classe IgG1 pour les ruminants,

représentent 50 à 75% des protéines dans le sérocolostrum (Kruse, 1970a). Par contre, ce sont les immunoglobulines A (IgA) qui prédominent chez l'homme et les rongeurs. Cette différence entre les deux groupes de mammifères s'explique par l'origine des immunoglobulines du colostrum. Chez l'homme et les rongeurs, les immunoglobulines A (IgA) sont produites essentiellement au niveau de la mamelle (Drife et al., 1976), tandis que chez les animaux domestiques, une proportion des immunoglobulines G (IgG) dérive du sérum à partir d'un phénomène de concentration sélective. Ce phénomène, décrit par l'utilisation des IgG radio-marquées, se produit chez la vache progressivement à partir du tarissement et peut atteindre son maximum dans les jours qui précèdent la mise-bas (Brandon et Lascelles, 1975; Dixon et al., 1961). Une quantité importante des IgG1 peut diffuser du sang vers les sécrétions lactées dans les trois semaines qui précèdent la mise-bas par le mécanisme de la concentration sélective (Brandon et al., 1971; Larson et al., 1980). Ce mécanisme implique une activité particulière des cellules épithéliales alvéolaires qui coïncide avec l'apparition des récepteurs des IgG1 (Hammer et Massmann, 1978) spécifiques de leur fragment Fc (Micusan et Borduas, 1976) et à très forte affinité (Sasaki et al., 1977). Ces modifications tendent à augmenter la concentration des IgG1 dans la glande mammaire et sa prépondérance dans le colostrum contre des faibles teneurs des IgG2, IgA et IgM (Newby et Bourne, 1977).

Dans la mesure où plus de 80% des immunoglobulines du lait dérivent du sérum, l'hypothèse de l'existence d'un système immunitaire local et autonome dans la glande mammaire reste peu probable chez la vache. Selon des études histologiques, un nombre très réduit des plasmocytes a été identifié dans la glande mammaire chez des vaches en lactation (Dixon et al., 1961; Leary et al., 1982). De même, une synthèse des immunoglobulines *in vitro* relativement faible a été signalée dans la glande mammaire (Butler et al., 1972).

Le bénéfice immunologique du colostrum réside principalement dans la protection du jeune grâce à la richesse en IgG et en cellules immunitaires de longue durée de vie dans le tractus gastro-intestinal du jeune (Pitt et al., 1974). Par exemple, le colostrum de la femme contient en moyenne  $3,3 \times 10^6$  cellules par millilitre dont 30 à 47% sont des macrophages, 40 à 60% des polymorphonucléaires et 5,2 à 8,9% des lymphocytes (Pickering et al., 1980). Systématiquement, le colostrum est dépourvu des plasmocytes (Lee et al., 1980; Lee et Outteridge, 1981). Chez les ruminants, les polymorphonucléaires sont prédominants (40 à 85%) dans le colostrum, suivies des macrophages (10 à 50%) et des lymphocytes (6 à 11% chez les ovins, 2 à 4% chez les bovins). Au fur et à mesure que la lactation s'établit, le

pourcentage de macrophages augmente dans le lait, alors que celui de lymphocytes reste constant.

Le colostrum est riche en diverses enzymes avec des concentrations 300 à 1000 fois plus élevées par comparaison au plasma. Par exemple, le colostrum de la vache renferme la phosphatase alcaline et la gammaglutamyl-transférase  $\gamma$ GT (Linden et Maraval, 1979; Thompson et Pauli, 1981; Braun et al., 1982). Le taux sérique de la  $\gamma$ GT augmente rapidement chez le veau après l'absorption du colostrum ce qui démontre l'intérêt de quantifier la  $\gamma$ GT plasmatique pour évaluer le transfert de l'immunité entre la mère et le jeune (Braun et al., 1982). Par ailleurs, la teneur de la  $\gamma$ GT dans le lait est de 2,5 à 3,3 fois plus faible que celle dans le colostrum (Sobiech et al., 1974). Une prise de lait à la place du colostrum après la naissance augmente légèrement les taux sériques de la  $\gamma$ GT sanguine chez le veau nouveau-né sans modifier les taux des immunoglobulines (Thompson et Pauli, 1981).

Le colostrum contient également plusieurs hormones comme la prolactine, l'insuline et la progestérone avec des concentrations plus élevées par comparaison à celles dans le plasma (Keller et al., 1977). Par exemple, l'insuline figure dans le colostrum avec un taux 100 fois plus supérieur que celui dans le sérum. Cette hormone joue un rôle primordial en stimulant la croissance et la maturation des cellules de la muqueuse intestinale. Cependant, les taux d'œstrogènes totaux dans le colostrum, d'œstrone, d'œstradiol 17 $\alpha$  et 17 $\beta$  sont comparables aux taux plasmatiques (Ballard et al., 1982).

Le colostrum est l'unique repas pour l'agneau immédiatement après la naissance. La quantité du colostrum ingérée par l'agneau est dépendante du volume produit, lui-même fortement dépendant de l'alimentation maternelle, des conditions climatiques et de la taille de portée. De même, le comportement néonatal, le poids à la naissance et la compétition sur les tétines en cas des portées multiples sont des facteurs qui influent sur la quantité de colostrum ingérée par l'agneau (Hunter et al., 1977; Kenyon et al., 2005; Nowak et Poindron, 2006).

### **V.3. Mécanismes d'absorption des immunoglobulines**

Chez les ruminants, le transfert des anticorps de la mère au fœtus est empêché par les barrières placentaires durant la gestation (Campbell et al., 1977). Par conséquent, le nouveau-né est protégé par les anticorps maternels absorbés dans le colostrum jusqu'à la mise en fonction de son propre système immunitaire (Sterzl et Silverstein, 1967; Tizard, 1992; Yilmaz et al., 2011).

Les agneaux naissent agammaglobulinémiques (Campbell et al., 1977) et le transfert de l'immunité maternelle s'effectue exclusivement par l'absorption dans les premières heures

de vie, via le colostrum, d'une grande quantité des immunoglobulines (principalement IgG, IgA, IgM), de leucocytes et de différents facteurs antimicrobiens non spécifiques. Il est désormais largement accepté que la qualité de transfert de l'immunité via le colostrum influence fortement la survie précoce et les performances futures de l'agneau (Gautier et Corbière, 2011). Des taux élevés de mortalité (45-50%) ont été enregistrés chez des agneaux hypogammaglobulinémiques (Sawyer et al., 1977). Les immunoglobulines absorbées via le colostrum ingéré influent également sur la survie et le développement des veaux (Corbeil et al., 1985; Dewell et al., 2006) et des chevreaux (Constant et al. 1994; Mellado et al., 2008).

Après une prise efficace du colostrum de bonne qualité, la teneur plasmatique des immunoglobulines augmente rapidement chez l'agneau nouveau-né (Barta, 1993; Maden et al., 2003; Rodinova et al., 2008). Les mécanismes de transfert des immunoglobulines colostrales de la mère au jeune ont été largement étudiés par les nutritionnistes et les immunologistes.

L'activité protéolytique du tractus digestif est faible chez le nouveau-né à cause de la présence d'inhibiteurs de la trypsine dans le colostrum, et par voie de conséquence, les protéines colostrales parviennent intactes dans l'intestin grêle (Levieux, 1984). De plus, la muqueuse de l'intestin grêle est bordée de cellules immatures très vacuolées appelées " cellules épithéliales " capables d'absorber les macromolécules du colostrum ingéré pendant les premières 24 heures après la naissance. Les immunoglobulines sont transportées de la lumière intestinale vers la circulation générale grâce à l'activité des cellules épithéliales.

Ainsi, les molécules de la "  $\alpha$ -lactalbumine " et de la "  $\beta$ -lactoglobuline " empruntent la voie lymphatique et la voie veineuse puis elles sont transférées dans les cellules épithéliales par pinocytose (Murata et Namioka, 1977; Moog, 1979). Après l'invagination de la membrane des cellules épithéliales, des vésicules se forment et donnent naissance, par coalescence, à des vacuoles qui gagnent progressivement l'autre extrémité de la cellule afin de libérer leur contenu dans la lymphe (Bush et Staley, 1980).

À partir de la base des villosités, les cellules très vacuolées de l'épithélium sont progressivement remplacées par des cellules plus mûres et dotées d'un équipement enzymatique caractéristique de la surface des microvillosités de l'adulte. Les cellules mûres perdent la capacité de pinocytose ce qui peut expliquer la disparition rapide du mécanisme d'absorption intestinale des macromolécules (Levieux, 1984).

L'absorption des macromolécules du colostrum au niveau de l'intestin chez le nouveau-né varie considérablement selon l'âge. Chez le veau, la capacité d'absorption diminue de moitié vers la 12<sup>ème</sup> heure (Matte et al., 1982; Levieux, 1984) et devient

pratiquement nulle entre 24 et 36 heure de vie (Kruse, 1970b). Les études histologiques ont permis de signaler une grande variabilité d'absorption des macromolécules selon la portion de l'intestin grêle et les résultats sont contradictoires. Selon El-Nageh (1967), une absorption maximale des immunoglobulines a été signalée au niveau de la portion moyenne de l'intestin grêle, alors que Fetcher et al. (1983) ont signalé un maximum d'absorption au niveau des portions terminales de l'intestin grêle.

Plusieurs substances influent sur l'absorption intestinale des immunoglobulines chez le nouveau-né. L'implication du cortisol dans cette absorption est controversée. Selon Patt et Eberhart (1976), l'injection d'un inhibiteur (métyrapone) de biosynthèse du cortisol chez le veau et le porcelet à la naissance conduit à une diminution d'absorption des immunoglobulines ce qui est dans le sens d'un effet positif du cortisol. Cependant, le cortisol n'a pas d'effet détectable sur l'absorption intestinale des immunoglobulines chez le veau selon Stott et Reinhard (1978). Egalement, l'injection des glucocorticoïdes endogènes ne semble pas avoir des effets sur l'absorption intestinale des immunoglobulines chez le porcelet (Payne et Marsh, 1962).

Selon Patt (1977), les hormones thyroïdiennes (T3 et T4) semblent exercer des effets négatifs sur l'absorption intestinale des immunoglobulines chez le nouveau-né. L'injection de la thyroxine réduit la durée de la perméabilité intestinale aux macromolécules chez le rat nouveau-né (Chan et al., 1973). Des relations négatives ont été observées entre la concentration plasmatique de la thyroxine et la durée d'absorption des immunoglobulines chez le veau et l'agneau (Cabello et Levieux, 1978). L'injection de thyroxine à la naissance n'a pas d'effet significatif sur l'absorption des immunoglobulines, alors que l'administration intra-amniotique de cette substance chez la mère en fin de gestation diminue la durée d'absorption des immunoglobulines chez le chevreau (Cabello et al., 1980). De même, la perfusion lente des hormones thyroïdiennes chez la brebis par des minipompes osmotiques implantées sous la peau de fœtus à partir du 130<sup>ème</sup> jour de gestation a diminué l'absorption des immunoglobulines chez l'agneau après la naissance (Cabello et al., 1983).

Des effets bénéfiques de l'administration des solutions de sucres (glucose, galactose, lactose) sur l'absorption intestinale des immunoglobulines ont été mis en évidence chez le porcelet et l'agneau (Lecce et Morgan, 1962). Par contre, l'administration des solutions minérales et protéiques (albumine porcine, globulines, ovalbumine) chez le porcelet nouveau-né n'a pas d'effets détectables (Lecce et al., 1964).

L'environnement peut agir sur les quantités des immunoglobulines transférées de la mère au jeune à travers le colostrum ingéré. L'exposition à la chaleur diminue la durée

d'absorption des immunoglobulines chez le rat (Buchanan-Lee et al., 1972) et le porcelet nouveau-né (Stott et al., 1976; Cabello et Levieux, 1978). Par contre, l'exposition au froid contribue à l'augmentation de la durée d'absorption des immunoglobulines chez le veau (Olson et al., 1980, 1981).

La sélectivité d'absorption intestinale des macromolécules a fait l'objet de plusieurs travaux. L'intestin du veau comme celui de l'agneau, du chevreau, du veau et du porcelet, est capable d'absorber des molécules aussi variées, telles que l'albumine, les gammaglobulines humaines ou caprines, toutes les fractions protéiques majeures du sérum et du colostrum bovin, des dextrans, de la gélatine ou des polysaccharides de poids moléculaire élevé (Morris, 1968). Les protéines de faible poids moléculaire, comme la  $\beta$ -lactoglobuline, sont également absorbées chez le veau, mais disparaissent rapidement de la circulation après leur élimination par la filtration glomérulaire (Pierce, 1961).

L'absorption intestinale des immunoglobulines varie considérablement selon les études. Une faible absorption (de 5 à 25%) a été observée chez le porcelet (Locke et al., 1964) par comparaison aux résultats observés (de 8 à 90%) chez le veau (Penhale et al., 1973). L'hétérogénéité des résultats s'explique par la variabilité individuelle (Cabello et Levieux, 1978) et la diversité des méthodes utilisées. La quantification des immunoglobulines dans le colostrum et le plasma doit tenir en compte non seulement du volume plasmatique (qui peut doubler, consécutivement à l'absorption du colostrum) mais également de la répartition intra et extravasculaire des immunoglobulines. De même, la coagulation de la caséine du colostrum est un phénomène à considérer.

## **VI. Mise-bas et relation mère-jeune**

La survie de l'agneau est influencée par les conditions dans lesquelles se déroule la naissance, les soins maternels qui lui sont prodigués, les liens mère-jeune et l'ingestion rapide du colostrum pour satisfaire ses besoins nutritionnels et lui acquérir une immunité dont son organisme est dépourvu. Le rôle de la mère est indispensable pour la survie du jeune en tant que source d'aliment et de soins maternels. La manifestation correcte de comportement maternel de la brebis avant, pendant et après la mise-bas est d'importance considérable pour la survie du jeune.

### **VI.1. Processus de mise-bas**

La mise-bas se définit comme l'ensemble des phénomènes physiques et physiologiques qui ont pour conséquence l'expulsion du fœtus et ses annexes hors des voies

génitales de la femelle au terme de la gestation. La mise-bas est précédée par des signes et des comportements spécifiques dès la fin de gestation.

### **VI.1.1. Comportement avant la mise-bas**

#### **VI.1.1.1. Isolement**

Chez les animaux qui vivent en société, l'isolement à la mise-bas du reste de troupeau facilite l'établissement de liens mère-jeune tout en évitant l'interférence avec les autres congénères. Chez les ovins, ce comportement d'isolement peut améliorer la survie du nouveau-né par l'expression précoce des interactions mère-jeune et la construction d'un lien préférentiel malgré l'intervention éventuelle d'autres brebis qui pourraient perturber ce lien (Dwyer et Lawrence, 2005). De même, le comportement d'isolement reflète une diminution de sociabilité chez la brebis à l'approche de mise-bas. Ces changements de motivation sociale optimisent l'établissement de liens mère-jeune (Poindron et al., 1997; Dwyer et Lawrence, 2005). Dans les élevages intensifs, le comportement d'isolement s'observe fréquemment au terme de gestation si l'opportunité d'un box de mise-bas est donnée aux brebis périparturientes (Gonyou et Stookey, 1983). Par contre, ce comportement n'est pas fréquent dans les élevages extensifs (Lécrivain et Janeau, 1987), mais parfois les brebis sont distancées par le troupeau en déplacement (Stevens et al., 1981). Le comportement d'isolement varie considérablement selon les races étudiées (Lécrivain et Janeau, 1987; Alexander et al., 1990a) et la parité des brebis (Gonyou et Stookey, 1983). Ce comportement est plus fréquent chez les multipares comparées aux primipares, ce qui peut refléter la peur des jeunes brebis inexpérimentées qui restent à proximité des congénères (Viérin et Bouissou, 2002).

Le choix d'un milieu approprié de mise-bas chez la femelle peut améliorer les chances de survie du jeune (Alexander et Lynch, 1976; Lynch et al., 1980; Alexander et al., 1980). L'humidité, le vent et le climat froid contribuent à l'hypothermie et mettent en jeu la survie du nouveau-né (Obst et Ellis, 1977; Alexander et al., 1980; McCutcheon et al., 1981). La préférence des brebis périparturientes pour les milieux abrités est un trait intéressant du comportement maternel (Dwyer et Lawrence, 2005).

#### **VI.1.1.2. Appropriation du nouveau-né étranger**

L'appropriation d'un nouveau-né étranger a été décrite chez la brebis, la vache et la jument pré-parturientes. Ce comportement comprend des brèves inspections, des léchages et des comportements d'allaitement qui ont comme conséquence la substitution de l'agneau qui est alors plus attiré par la femelle étrangère que par sa propre mère (Arnold et Morgan, 1975).

Ce comportement résulte des changements physiologiques en fin de gestation (Nowak et al., 2000). L'intérêt que présente l'agneau pour la brebis (Welsh et Kilgour, 1970) ou la vache (Edwards, 1983) peut aboutir à son acceptation définitive par l'étrangère et son rejet par la mère biologique suite à l'apparition d'un comportement agressif. Un tel comportement ne présente pas toujours des dommages pour le petit adopté tant que l'allaitement est assuré par la mère d'adoption. Cependant, une fois que la brebis d'adoption aura mis bas, la survie de sa progéniture peut être sujet à risque puisque la production de colostrum n'est pas insuffisante pour subvenir au besoin (Nowak et al., 2000).

### **VI.1.2. Déroulement du processus de mise-bas**

La mise-bas pour la mère et la naissance pour le jeune représentent une étape particulière au cours de laquelle la mère change d'état et le fœtus change de mode et de milieu de vie (Bosc, 1984). Cette étape présente des aspects multiples et peut soulever des nombreux problèmes en élevage ovin. Fixer les conditions de mise-bas, prévoir et maîtriser le moment d'agnelage doivent permettre à l'éleveur d'assurer, le déroulement de la mise-bas dans des bonnes conditions, les soins indispensables à la mère et au nouveau-né et éventuellement de faire appel au vétérinaire.

La mise-bas peut poser des problèmes car elle nécessite l'initiation d'une activité utérine efficace et l'ouverture simultanée du col. Chez les ruminants domestiques et les porcins, le développement de cette activité contractile utérine et le changement d'état du cervix sont soumis à des régulations de nature hormonale dont le contrôle est commandé par le fœtus lui-même (Bosc, 1984). Chez la brebis, la mise-bas est déclenchée par la maturité du système endocrinien fœtal (Kolb, 1975), en particulier l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien. Ces changements induisent une modification du rapport entre les taux de progestérone et d'œstradiol ce qui aboutit à une augmentation des taux de prostaglandines, de catécholamines et de l'ocytocine (Larifi, 2001).

L'expulsion du fœtus résulte du développement intense au niveau de l'activité utérine et de l'ouverture simultanée du col de l'utérus. L'activité utérine peut être évaluée soit par la détection des variations de la pression intra-utérine sur l'animal éveillé *in vivo*, soit également par le suivi de l'activité électromyographique (EMG) qui représente une activité localisée aux cellules en contact avec les électrodes (Rousseau et Prud'homme, 1974). Ces techniques ont été utilisées chez les ruminants domestiques et les porcins et les travaux réalisés chez la brebis peuvent être pris comme exemple (Bosc, 1984).

Le déroulement du processus de mise-bas chez la brebis comprend trois phases successives, qui sont accompagnées par une activité utérine musculaire particulière (Bosc, 1984).

### **VI.1.2.1. Phase de contraction et de dilatation**

La première phase de la mise-bas est la phase de contraction et de dilatation au début de laquelle, le col de l'utérus se dilate ce qui permet l'expulsion des poches des eaux. Cela provoque la dilation de la vulve (Christian, 2003) et facilite l'expulsion du fœtus (Kolb, 1975). Pendant cette première phase, des variations de pression intra-utérine de faible amplitude s'observent durant 5 à 10 minutes en se produisant plusieurs fois par heure (Toutain et al., 1983). Les contractions utérines se renforcent à la fin de cette phase qui s'achève vers 48 à 72 heures avant l'expulsion du fœtus (Christian, 2003).

### **VI.1.2.2. Phase de transition**

La phase de transition est très brève chez la brebis. Cette phase peut être mise en évidence par des changements de l'activité EMG qui devient plus irrégulière avec un fractionnement plus ou moins accentué par comparaison à l'activité observée durant la phase de contraction et de dilatation (Krishnamurti et al., 1982; Toutain et al., 1983). Cette phase s'achève au moment de l'apparition du travail qui se développe au cours de la dernière phase.

### **VI.1.2.3. Phase d'expulsion**

Le travail qui débute vers 12 à 24 heures avant l'expulsion du fœtus annonce le début de la dernière phase de mise-bas chez la brebis. Des contractions de courte durée et irrégulières se développent simultanément sur les deux cornes utérines qu'elle que soit la taille de portée (Hindson et Ward, 1973). L'activité EMG mesurée est caractérisée par des périodes actives durant 40 à 50 secondes. Les contractions deviennent ensuite plus intenses au fur et à mesure que l'expulsion se rapproche (Hindson et Ward, 1973; Prud'homme et Bosc, 1977; Krishnamurti et al., 1982). Après la rupture de la première poche des eaux puis de la deuxième, les onglons des pattes antérieures puis la tête du fœtus apparaissent au niveau de la vulve dans le cas de mise-bas normale en avant. Cependant, les onglons des pattes postérieures et la queue peuvent s'observer en premier temps lors de mise-bas anormale en arrière (Christian, 2003). Par conséquent, l'agneau est expulsé dans les 10 à 20 minutes qui suivent l'apparition des onglons à la vulve sous l'action des contractions utérine et abdominale (Kolb, 1975) selon l'importance du poids (Christian, 2003). Une fois le fœtus expulsé, l'activité utérine décroît progressivement en fréquence et en amplitude au cours des

trois premiers jours *post-partum* (Harding et al., 1982; Krishnamurti et al., 1982). La rétention du placenta est rare chez la brebis et souvent les enveloppes fœtales sont expulsées vers 1 à 3 heures après la fin de parturition (Allaoua, 2006).

En cas de multifœtation, l'expulsion des fœtus peut poser des problèmes particuliers liés à la position respective de chaque fœtus dans le tractus génital. L'expulsion successive des fœtus est la règle et les présentations simultanées des fœtus au niveau du canal cervical sont rares chez la brebis (Bosc et Cornu, 1976). L'expulsion successive des fœtus implique des régulations particulières entre les différentes parties du tractus génital. Lorsqu'il y a des jumeaux, malgré le synchronisme des variations de pression intra-utérine, une des deux cornes est rendue dominante. La corne utérine dominante développe des contractions dont l'amplitude, la durée (Hindson et al., 1968) et la fréquence (Hindson et Ward, 1973) sont plus importantes ce qui lui permet d'expulser le fœtus en premier ordre (Hindson et Schofield, 1969) par comparaison à l'autre corne utérine. En cas de gémellité, le second agneau est expulsé vers 10 à 15 min voire même 20 min après l'expulsion du premier agneau (Allaoua, 2006). Cette régulation locale de l'activité utérine est indirectement contrôlée par le développement placentaire car le fœtus dominant est celui dont les membranes occupent la majeure partie du corps utérin (Hindson et Schofield, 1969).

La survie de l'agneau peut être influencée par les conditions de déroulement de sa naissance (Arnold et Morgan, 1975; Scales et al., 1986; Cloete, 1993). Il en est de même pour la brebis périparturiente à cause des mise-bas dystociques (Cloete et al., 1998). Les mises-bas dystociques engendrent des pertes économiques et affectent négativement la rentabilité de l'élevage (Haughey, 1991; Majeed et Taha, 1995; Cloete et al., 1998).

Le comportement maternel chez la brebis comprend plusieurs éléments indispensables comme le léchage, le nettoyage, des bêlements de faible intensité, l'allaitement, la sélectivité qui aboutissent à la reconnaissance de l'agneau et le maintien d'un contact mère-jeune étroit et préférentiel. Le maintien de ce contact est indispensable pour l'alimentation du jeune, sa protection et son développement dans des bonnes conditions ce qui améliore ses chances de la survie (Baldwin et Shillito, 1974; Poindron et al., 1980; Alexander et al., 1986; Lévy et al., 1991; Hernandez et al., 2001; Dwyer et Lawrence, 2005).

### **VI.2. Comportement maternel après la parturition**

A la première mise-bas, la brebis naïve exprime un comportement maternel qui se manifeste *de novo* à chaque parturition prochaine. Ce comportement qui précède l'allaitement inclut des bêlements bas (Shillito et Hoyland, 1971), des activités de léchage (Lent, 1974;

Alexander, 1988; Nowak et al., 2000) et des actes coopératifs lorsque l'agneau tente de se diriger vers la mamelle pour téter. Ensuite, la brebis apprend à reconnaître son petit ce qui aboutit à l'expression de soins maternels exclusifs et préférentiels (Poindron et al., 1984a; Lévy et al., 1995). Vu la sélectivité maternelle de la brebis, les agneaux qui n'établissent pas des liens d'attachement avec la mère risquent de ne pas bénéficier des soins et par conséquent sont plus susceptibles de mourir (Dwyer et Lawrence, 2005). De plus, le développement de l'agneau peut être affecté si la brebis n'exprime pas un comportement sélectif correct, allaite d'autres agneaux étrangers ce qui risque d'offrir une production laitière insuffisante pour son propre jeune.

### **VI.2.1. Léchage du nouveau-né et bêlements**

Le léchage ne permet pas uniquement le séchage, le nettoyage et la stimulation du nouveau-né mais également la mise en place de soins maternels complémentaires. Il facilite l'établissement et le maintien des liens mère-jeune par l'intermédiaire d'une reconnaissance de l'odeur du jeune (Poindron et al., 1980). En léchant son nouveau-né, la brebis émet des bêlements de basse fréquence (bêlement bas), des gargouillements et parfois des bêlements de forte intensité dits bêlements hauts (Dwyer et al., 1998; Shillito et Hoyland, 1971). Avec le temps, les bêlements bas disparaissent alors que les bêlements hauts se maintiennent et deviennent plus fréquents. Les bêlements bas tranquilisent le nouveau-né et lui transmettent également des signaux indispensables pour reconnaître la mère, alors que les bêlements hauts sont impliqués dans la communication à distance entre la brebis et l'agneau (Nowak et Poindron, 2006).

La brebis primipare subit un processus de mise-bas souvent plus difficile et démanade plus d'énergie ce qui affecte le comportement de léchage en le diminuant par comparaison aux brebis multipares (Arnold et Morgan, 1975; Poindron et Le Neindre, 1980; Poindron et al., 1984b; Dwyer et Lawrence, 1998). Les brebis primipares peuvent ressentir de la peur envers leurs agneaux et devenir agressives, parfois même elles n'expriment pas un comportement correct, ce qui contribue à l'abandon du nouveau-né. En plus, le nouveau-né est considéré comme un nouveau stimulus potentiellement effrayant pour les brebis primipares inexpérimentées, et dans certaines circonstances, il provoque la perturbation chez plus que 50% des brebis (Poindron et al., 1993). Toutefois, après avoir bénéficié d'une première expérience maternelle, les brebis améliorent leurs performances lors des agnelages ultérieurs (Dwyer et Lawrence, 2000).

La taille de portée peut influencer le comportement de léchage chez la brebis et les soins réservés au premier né dans les portées multiples peuvent être retardés à cause de l'expulsion du second né. Dans les portées doubles par exemple, bien que les soins prodigués au second né immédiatement après la naissance sont plus importants par comparaison au premier né, il ne reçoit pas plus de soins maternels par la suite (O'Connor et al., 1992; Dwyer et Lawrence, 1998).

### **VI.2.2. Défense du nouveau-né**

Face aux risques de prédation, la vulnérabilité du jeune a permis l'adaptation de divers comportements chez l'animal adulte considérés comme des stratégies préventives contre les prédateurs (Nowak et al., 2000). Chez certaines espèces, la défense du jeune est assurée par la mère ou par un autre membre du groupe (Leuthold, 1977). Chez les suidés, la mère réagit fortement aux cris émis par les porcelets, et dès qu'un danger est déposé, les porcelets se rassemblent autour de leur mère qui les défend (Nowak et al., 2000). Les ovins sauvages semblent calmes en présence du renard, alors que leur agitation s'observe à la vue du corbeau (Alexander et al., 1967). Les stratégies de défense décrites chez les brebis de montagne sont moins importantes par comparaison aux chèvres de montagne dotées des cornes longues (Geist, 1971).

### **VI.3. Comportement néonatal**

Le nouveau-né des mammifères possède des réserves énergétiques réduites ce qui entraîne des difficultés pour maintenir l'homéothermie et peut présenter un risque pour la survie. Par ailleurs, en plus de sa valeur énergétique, le colostrum fournit des immunoglobulines essentielles pour l'immunité passive systémique chez les ongulés. Par conséquent, l'expression d'un comportement néonatal correct permettant l'accès rapide à la mamelle est indispensable pour la survie du nouveau-né (Hartsock et Graves, 1976; Sawyer et al., 1977; Coureaud et al., 2000; Nowak et Poindron, 2006).

#### **VI.3.1. Position debout**

Dans les premières minutes après la naissance, le rôle de la mère est indispensable en incitant l'agneau à se mettre debout et lui facilitant l'accès à la mamelle. La vigueur du nouveau-né influe sur le comportement néonatal et souvent les agneaux de faible vigueur se mettent debout tardivement et n'arrivent pas à téter efficacement (Alexander et Williams, 1966). Par ailleurs, l'expression correcte du comportement néonatal dépend de potentiel génétique (Vince et al., 1987). Par le biais de la sélection naturelle, les agneaux des races

élevées en système extensif dans les montagnes sont plus précoces à se mettre debout et téter leur mère par comparaison aux agneaux des races élevées en système intensif dans les plaines. Les agneaux élevés en conditions extensives possèdent de meilleures performances par comparaison aux agneaux élevés en conditions intensives à cause des degrés de pression sélective et des effets cumulés des pratiques d'élevages (Dwyer et Lawrence, 2005). La latence pour se mettre debout pour la première fois après la naissance a fait l'objet de plusieurs études chez différentes races. En général, les agneaux des races de plaines nécessitent plus de temps pour se mettre debout comparés aux agneaux des races de montagnes (O'Connor et Lawrence, 1992).

### **VI.3.2. Recherche de la mamelle**

A cause des faibles réserves énergétiques, l'ingestion du colostrum est indispensable pour que l'organisme du nouveau-né constitue des réserves énergétiques nécessaires pour la thermorégulation et l'immunisation contre les infections. Cette nécessité est très évidente chez l'agneau puisque l'activité d'absorption intestinale des immunoglobulines cesse vers 24 à 36 heures après la naissance (Nowak, 1996). L'ingestion du colostrum immédiatement après la naissance est conditionnée par le succès de l'agneau à se mettre debout rapidement, trouver les tétines et téter correctement (Nowak et Poindron, 2006; Dwyer, 2008). En effet, ces comportements ne permettent pas uniquement l'ingestion du colostrum, mais également l'établissement d'un lien fort avec la mère qui, une fois établi, limite les risques de séparation temporaire, favorisent le soin maternel et le maintien des tétées régulières (Nowak et al., 1997).

Le comportement de tétée est affecté négativement chez les agneaux chétifs à cause de leur faible poids à la naissance, de réserves énergétiques réduites et une médiocre vigueur, ce qui augmente les risques de la mortalité périnatale (Alexander et Williams, 1966). La taille de portée influe sur la latence pour se mettre debout, et généralement les triplets se mettent debout et tètent plus tardivement comparés aux jumeaux (Dwyer et al., 2005; Everett-Hinks et al., 2005). La prolificité élevée affecte négativement la survie en agissant sur le comportement néonatal et en réduisant les quantités du colostrum ingérées. Les quantités de colostrum s'épuisent rapidement au fur et à mesure des naissances successives. Le troisième agneau ayant à sa disposition des faibles quantités par comparaison aux deux premiers (Hinch, 1989; Kerlake, 2010). L'ingestion des faibles quantités de colostrum contribue à une défaillance de transfert des immunoglobulines de la mère au nouveau-né (Campbell et al., 1977) ce qui augmente les risques d'infection (Campbell, 1974). L'insuffisance des quantités de colostrum

ingérées entraîne l'épuisement des réserves énergétiques et l'hypoglycémie du nouveau-né (Eales et al., 1982; Mellor et Cockburn, 1986). A son tour, l'hypoglycémie engendre des troubles cérébraux qui causent une diminution de la production de chaleur et un déclin de la température corporelle (Hamadeh et al., 2000).

Par ailleurs, l'ingestion des quantités suffisantes de colostrum chez l'agneau immédiatement après la naissance déclenche les mécanismes impliqués dans la mise en place et le maintien des liens avec la mère (Nowak et al., 1997; Goursaud et Nowak, 1999).

### **VI.4. Développement des liens mère-jeune**

Chez les mammifères, les soins maternels, associés au processus de la naissance, sont indispensables pour la survie du jeune. Pour la mère, les soins représentent un moyen d'investissement pour son succès reproductif, alors qu'il s'agit d'un potentiel individuel de survie pour le nouveau-né puisque la mère est la seule source de nourriture pendant les tous premiers stades de développement (Nowak et al., 2000).

Le type de liens mère-jeune varie selon le degré de développement du nouveau-né et la taille de portée (Gubernick, 1981; Mendel, 1988). Pour les espèces nidicoles, la femelle construit un nid et/ou cherche des milieux abrités pour mettre bas une portée multiple constituée des nouveau-nés incomplètement développés avec des capacités sensorielles et locomotrices limitées. Généralement, chez ces espèces les interactions qui se développent entre la mère et les nouveau-nés n'impliquent pas une reconnaissance mutuelle. Par contre, la femelle des espèces nidifuges, en particulier la plupart des ongulés, engendre une portée de petite taille dont les nouveau-nés sont entièrement développés et capables de suivre la mère immédiatement après la naissance. La mise en place d'une reconnaissance interindividuelle et l'expression de soins maternels exclusifs sont d'une importance primordiale pour la survie du jeune chez les espèces nidifuges (Nowak et al., 2000). Entre ces deux types des mammifères précités, il existe un troisième type intermédiaire dont la femelle engendre des petits ayant des systèmes sensoriels fonctionnels mais des capacités de thermorégulation limitées (suidés) et des faibles aptitudes locomotrices (primates).

Chez ces types des mammifères (type nidicole, nidifuge et intermédiaire), la période néonatale représente une phase critique à cause de la prépondérance de problèmes qui risquent la survie du jeune pendant cette période (Nowak et al., 2000). La coopération entre la mère et le nouveau-né est indispensable pour l'établissement des liens mère-jeune et le maintien d'un allaitement régulier. Les liens mère-jeune reflètent des changements complexes d'ordre physiologique, morphologique et comportemental indispensables pour supporter le passage de

la vie intra-utérine à la vie extra-utérine. Certains agneaux, en particulier les moins vigoureux, ne possèdent pas les caractéristiques physiologiques nécessaires pour s'adapter aux changements brutaux de leur mode de vie après la naissance (Nowak et Poindron, 2006).

### **VI.4.1. Attachement de la mère avec le nouveau-né**

Après la mise-bas, il existe une période sensible pendant laquelle la mère est particulièrement réceptive à la présence de nouveau-né. La première heure après la mise-bas représente une période critique pour l'établissement des liens de la brebis avec son jeune (Poindron et al., 2007). Le contact entre la brebis et son agneau pendant cette période permet la " consolidation " du comportement maternel grâce aux informations sensorielles que perçoit la brebis en présence de son jeune. Les facteurs odorants attractifs pour la brebis semblent être contenus dans le liquide amniotique qui recouvre le nouveau-né.

Les liens mère-jeune s'organisent rapidement, et seul le jeune de la mère est allaité: la mère devient alors " sélective ". Ce comportement de sélectivité dépend de l'odorat, et la suppression de cette sensorialité avant la parturition, s'accompagne de l'acceptation à la mamelle de n'importe quel agneau étranger (Morgan et al., 1975; Poindron et Le Neindre, 1980). L'établissement d'une reconnaissance olfactive est, comme l'intérêt pour le nouveau-né, influencée par la stimulation du tractus génital (Keverne et al., 1982). La reconnaissance de l'odeur du jeune n'est toutefois pas le seul moyen dont dispose la brebis pour discriminer son propre agneau. Elle est complétée par une reconnaissance de l'aspect physique de l'agneau, notamment au niveau de la tête, et aussi par une reconnaissance acoustique de ses bêlements (Poindron et Carrick, 1976; Alexander et Shillito, 1977).

Dans les conditions d'élevage extensif, la qualité des liens de la brebis envers le jeune dépend du temps passé sur le site d'agnelage. Des liens inadéquats s'observent lorsque la brebis quitte tôt le site d'agnelage ce qui contribue à sa séparation de la portée, entraîne la faim et risque la survie du jeune. La brebis doit rester dans le site d'agnelage au moins six heures en contact étroit avec l'ensemble de la portée (Alexander et al., 1983; Putu et al., 1988a; Murphy et al., 1994).

Les liens entre la mère et le jeune évoluent en fonction du temps. La reconnaissance de l'agneau à distance demande quelques jours pour se développer chez la brebis (Shillito et Alexander, 1975; Terrazas et al., 1999). Parfois, la brebis est capable de reconnaître son petit à distance dès 8 heures après la naissance (Terrazas et al., 1999).

L'expression du comportement maternel à la mise-bas comme dans le développement de la sélectivité varie selon les races (Walser et al., 1983; Le Neindre et al., 1998; Pickup et

Dwyer, 2002). Le mode d'élevage et la taille de portée peuvent influencer sur les liens mère-jeune chez les ovins à travers des problèmes de comportement maternel. De faibles performances maternelles ont été observées en élevage intensif (Welsh et Kilgour, 1970; Alexander et al., 1983) et chez les brebis primipares (Nowak et Poindron, 2006). En plus des perturbations d'origine environnementale, l'apparition de problèmes de comportement maternel chez la brebis contribue à la séparation avec l'agneau et mettent en péril sa survie (Stevens et al., 1982; Alexander et al., 1983).

Par ailleurs, la mise en place de liens entre la brebis avec le jeune dépend également du comportement néonatal (Nowak et Lindsay, 1992; Stevens et al., 1984). Plusieurs études ont rapporté que la contribution du nouveau-né est indispensable pour la construction des liens mère-jeune chez les ovins (Owens et al., 1985; Cloete, 1993; Dwyer et al., 2001).

### **VI.4.2. Attachement de l'agneau avec la mère**

Chez les ruminants domestiques, le nouveau-né est doté d'une capacité de reconnaissance précoce, et l'agneau par exemple, peut discriminer sa mère vers l'âge de 12 à 24 heures (Poindron et al., 1993) alors que le chevreau le fait vers 48 heures (Lickliter et Heron, 1984). À la naissance, l'agneau se rapproche de tout objet mis à sa proximité (Smith, 1965; Nowak et al., 1987), celui-ci étant d'autant plus attractif qu'il bouge et émet des bêlements (Vince et al., 1987). La spontanéité observée lors d'orientation du nouveau-né envers les signaux maternels dépend de son expérience prénatale ainsi que des aptitudes d'apprentissage acquises avant la naissance (Smotherman et Robinson, 1987). En effet, l'environnement maternel contribue à la transition de la vie fœtale à la vie aérienne en fournissant au jeune avant et après la naissance des informations sensorielles qui présentent des similarités.

Chez les ovins, l'environnement postnatal est à la fois nouveau et familier pour l'agneau nouveau-né. *In utero*, le fœtus est exposé aux stimulations auditives, tactiles, chimio-sensorielles et thermiques, et il est capable de percevoir et de mémoriser certaines informations chimiques de l'environnement prénatal. De même, le nouveau-né s'oriente préférentiellement vers l'odeur du liquide amniotique s'il est mis dans une situation de choix entre cette substance d'origine prénatale et un stimulus neutre, en l'occurrence de l'eau (Vince, 1993).

L'expérience prénatale influe sur la réponse postnatale, et les agneaux nés de brebis dont l'alimentation a été complétée pendant la gestation avec un odorant comme le citral ne montrent aucune différence de préférence s'ils sont mis dans une situation de choix entre le

liquide amniotique et le citral après la naissance. A l'inverse, les agneaux témoins dont les mères n'ont pas reçu d'odorant expriment une préférence pour le liquide amniotique (Schaal et al., 1995). Les expériences acquises pendant la phase fœtale préparent l'individu aux caractéristiques de son futur environnement. La connaissance de certains éléments de l'environnement néonatal permet d'optimiser le rôle de l'agneau à la naissance, de s'y adapter de manière adéquate et d'augmenter ses chances de survie en gardant un contact étroit avec la mère (Boissy et al., 2001).

La région mammaire de la brebis est couverte de liquide amniotique et d'une cire inguinale produite par deux glandes situées de chaque côté de la mamelle. Le liquide amniotique, tant qu'un environnement prénatal, et la cire inguinale considérée comme un environnement postnatal possèdent des caractéristiques olfactives similaires. Ces sécrétions sont riches en signaux chimio-sensoriels qui facilitent l'orientation du nouveau-né vers la mamelle (Schaal et al., 1995). Les contacts tactiles avec la tête chez l'agneau nouveau-né entraînent des activités orales et une orientation vers la stimulation tactile. Cette dernière réponse s'accroît dès que l'agneau se met en contact avec une surface nue plutôt qu'une surface laineuse et chaude plutôt que froide. En effet, ces critères correspondent aux caractéristiques de la mamelle telles que la texture, la température et la souplesse de sa peau (Vince, 1993).

La reconnaissance de la mère par l'agneau évolue en fonction de temps après la naissance. L'agneau reconnaît sa mère à proximité vers 12 heures après la naissance (Nowak et al., 1987) et à distance vers l'âge de 3 jours (Nowak, 1991; Terrazas et al., 2002). La reconnaissance de la mère à proximité repose essentiellement sur les signaux olfactifs (Vince et Ward, 1984) et les caractéristiques visuelles et vocales (Nowak et al., 2000). Alors que la reconnaissance de la mère à distance se base essentiellement sur les caractéristiques visuelles et vocales.

La race peut influencer sur la reconnaissance de la mère par l'agneau (Shillito-Walser, 1980; Pickup, 2003). Les agneaux des races élevées en extensif (Dalesbred, Scottish Blackface) ont des bonnes performances par comparaison aux agneaux des races élevées en intensif (Clun Forest, Suffolk, Jacob). L'effet de la race s'exprime par une grande variabilité de comportement vocal de l'agneau (Dwyer et Lawrence, 2005). Les brebis et les agneaux des races Dalesbred et Scottish maintiennent des contacts étroits et par conséquent les vocalisations émises par les jeunes sont moins fréquentes (Shillito-Walser et al., 1984; Dwyer et Lawrence, 2000). Par contre, la séparation de la mère et les vocalisations de haute fréquence sont fréquentes chez les agneaux nés de brebis Suffolk (Dwyer et al., 1998) et ceux

de brebis Mérinos (Alexander et al., 1983; Nowak, 1990). Les agneaux des races élevées en intensif vocalisent plus fréquemment par comparaison aux agneaux des races élevées en extensif (Shillito-Walser et al., 1984; Dwyer et al., 1998). L'extensification a renforcé l'expression correcte de l'activité vocale entre la brebis et son agneau, contrairement aux élevages intensifs dont la brebis et/ou l'agneau répondent fréquemment aux bêlements d'autres congénères (Shillito-Walser et al., 1981; Shillito-Walser et al., 1982a, 1982b; Dwyer et Lawrence, 2005). La sélection naturelle pouvait avoir entraîné l'émission de bêlements bas à la naissance car ceux-ci étaient peu détectables par les prédateurs. Par contre, la domestication et l'intensification des pratiques d'élevage pouvaient avoir entraîné l'émission des bêlements hauts ayant un rôle important dans le maintien des liens mère-jeune (Nowak, 1990).

### **VI.5. Problèmes de mise-bas et du comportement**

#### **VI.5.1. Problèmes de mise-bas**

Les mise-bas difficiles ont été définies comme étant des naissances de durée prolongée et/ou présentant des mauvaises présentations qui demandent la surveillance et l'intervention (Kerslake, 2010). Les problèmes liés à des mise-bas difficiles sont fréquemment rencontrés en élevage ovin et engendrent des pertes économiques considérables (Haughey, 1991; Majeed et Taha, 1995).

Les mise-bas dystociques peuvent résulter de plusieurs facteurs tels que les faibles dimensions pelviennes de la brebis, la primiparité, la grande taille de portée, l'importance de poids à la naissance en plus d'autres facteurs qui agissent sur la durée de mise-bas (Cloete et al., 1998). Les mauvaises présentations ont été fréquemment observées en cas des portées simples et triples par comparaison aux portées doubles (Dwyer, 2003). Bien qu'un poids élevé à la naissance est un facteur majeur qui contribue à des mise-bas difficiles (Dalton et al., 1980), l'incidence des dystocies s'observe également en cas des portées multiples ce qui montre l'existence d'autres facteurs qui méritent plus d'études (Kerslake, 2010). La réduction du volume de la corne utérine avec l'augmentation de taille de portée empêche les mouvements libres des fœtus multiples et aboutit à l'expulsion des agneaux selon des mauvaises orientations voire même à des expulsions conjointes des foetus (Kerslake, 2010).

La compression du cordon ombilical à cause d'une mise-bas prolongée et difficile provoque une hypoxie aigue chez le nouveau-né qui est souvent accompagnée d'une augmentation de la concentration plasmatique de lactate (Mellor et Stafford, 2004). Une hypoxie aigue affecte négativement le métabolisme, la thermogénèse et la motricité chez le

nouveau-né (Haughey, 1980; Grongnet, 1982; Bellows et Lammoglia, 2000; Dwyer, 2003). Les problèmes de thermogénèse et de motricité retardent l'accès du nouveau-né à la mamelle, aboutissent à l'inanition et affectent négativement la survie et le bien être chez l'agneau (Grongnet, 1984; Dwyer, 2003). En plus de l'hypoxie, les mise-bas difficiles et prolongées engendrent des traumatismes au niveau du cerveau chez l'agneau (Khalaf et al., 1979; Haughey, 1993) et le veau (Anderson et Bellows, 1967; Laster et Gregory, 1973; Greene, 1978). Les mise-bas dystociques provoquent des lésions et des œdèmes de degré modéré à sévère chez 47% des agneaux triplets qui meurent à la naissance et/ou pendant les trois premiers jours de vie (Kerslake et al., 2005; Everett-Hinks et al., 2007).

Peu d'études ont été réalisées quant aux effets des mise-bas difficiles sur la physiologie de l'agneau pendant les premiers jours de vie (Kerslake, 2010). L'augmentation de la concentration plasmatique de lactate ainsi que celle de créatine kinase et l'importance du volume cellulaire ont été observées chez les agneaux présentant des œdèmes et qui meurent pendant trois semaines de vie (Everett-Hinks, 2005). De tels changements physiologiques sont les conséquences de l'hypoxie et du dommage cellulaire (Kerslake, 2010).

### **VI.5.2. Problèmes liés aux liens mère-jeune**

Le comportement de la brebis et de l'agneau peut, dans la pratique d'élevages, poser certains problèmes dont les conséquences économiques sont néfastes. Un comportement maternel aberrant peut s'observer chez des brebis comme l'absence du léchage du nouveau-né, le rejet à l'allaitement et même un comportement agressif envers le jeune en lui donnant des coups de tête. Ces éléments anormaux du comportement manifestés par la brebis envers son propre agneau conduisent inévitablement à la mort du jeune. L'étude des facteurs influençant sur le comportement maternel est indispensable pour développer des stratégies d'élevage optimales et respectueuses du comportement animal (Poindron et Signoret, 1977).

En raison du son déterminisme physiologique, le comportement maternel de la brebis peut apparaître dans les heures, voire même les jours qui précèdent la mise-bas et il s'agit là d'un comportement normal et non aberrant (Hulet et al., 1975). L'inconvénient réside dans le fait que l'apparition d'un comportement maternel avant la mise-bas peut conduire à l'adoption temporaire ou définitive d'un nouveau-né par une brebis autre que la mère. Le phénomène est d'autant plus fréquent que l'effectif et la densité de femelles qui s'approchent du terme de gestation augmentent (Winfield, 1970). L'adoption spontanée d'agneaux par une brebis autre que la mère est observable même à des faibles densités et dans des troupeaux dont la

reproduction n'est pas synchronisée (Stevens et al., 1982). Ce phénomène est fréquent également chez les races prolifiques comme la Romanov (Windfield, 1970; Schmidt, 1982).

L'expression retardée des soins maternels chez les brebis inexpérimentées et l'accès refusé du nouveau-né à la mamelle représentent des facteurs de risque de la mortalité des agneaux en particulier pendant les intempéries (Hulet et al., 1975; Poindron et al., 1993). Le comportement des brebis primipares montre des troubles chez environ 50% des cas, alors que les brebis multipares manifestent correctement leur comportement maternel (Alexander et Peterson, 1961; Poindron et Le Neindre, 1980). L'induction hormonale du comportement maternel n'est pas aussi facile chez des brebis primipares que chez des multipares (Poindron, 1981) ce qui explique l'incidence des troubles de comportement chez les primipares. Ces problèmes de comportement accentuent la séparation de la brebis de son agneau et contribuent à des taux élevés de mortalité (Stevens et al., 1982).

L'interférence entre deux mères parturientes dans le même jour contribue à un mélange des portées et à l'affaiblissement des liens développés ce qui favorise la séparation mère-jeune. Cette séparation devient fréquente lorsque les brebis se déplacent loin du site d'agnelage à la recherche des pâturages dans le cas des élevages extensifs (Nowak et al., 2000). De même, la brebis est incapable de mémoriser la taille de sa portée multiple et le fait d'être accompagnée d'un seul agneau la rend satisfaite. Dans des telles circonstances d'élevages extensifs, les agneaux abandonnés ont de faibles chances de survie (Stevens et al., 1982). La brebis ne prend conscience d'avoir deux agneaux à allaiter qu'après au moins six heures de contact avec l'ensemble de la portée. Dans de telles conditions, la séparation est plus rare, un phénomène qui s'améliore à travers l'expérience maternelle et non pas avec l'âge (Alexander et al., 1983, 1984). Ceci est vrai même en élevage intensif, et le maintien de la brebis et sa portée dans un box pendant les premiers jours après la mise-bas permet de garder des liens mère-jeune étroits et assure une meilleure prise du colostrum par les jeunes (Ducker et Fraser, 1973).

Par ailleurs, les troubles de comportement maternel peuvent s'observer également chez d'autres espèces. Par exemple, les truies primipares expriment des comportements agressifs envers les jeunes porcelets, ce qui provoque des blessures et aboutit à des taux élevés de mortalité (Van der Steen et al., 1988). La succession des naissances et la pauvreté des caractéristiques du nid des lapins peuvent réduire le taux de survie des lapereaux (Canali et al., 1991).

## **VII. Amélioration des indices de survie des agneaux**

Les indices de la survie des agneaux nouveau-nés sont multiples et incluent un poids de naissance optimal, l'aptitude à la thermorégulation, la prise efficace du colostrum et le développement des liens avec la mère. A cause de leur faiblesse, l'amélioration des indices de la survie chez les agneaux multiples est rendue possible par voie génétique à travers la sélection et en optimisant les conditions d'élevage par la gestion raisonnable de la conduite des animaux. Les voies d'amélioration liées directement ou indirectement au mode de conduite des animaux ont été décrites. Ces voies incluent l'amélioration du poids de naissance, la capacité de thermorégulation, la prise de colostrum et la conduite des animaux en période néonatale.

### **VII.1. Poids à la naissance**

La prise en considération des effets positifs de l'alimentation maternelle pendant la gestation sur le poids à la naissance est d'intérêt économique considérable en élevage ovin (Mellor et Matheson, 1979). L'amélioration du poids à la naissance a des effets bénéfiques sur la santé de l'agneau pendant la période néonatale (Gardner et al., 2004) et même à l'âge adulte (Barker et al., 1993). Cet indice demeure une mesure importante, en particulier, en considérant sa relation avec la morbidité et la mortalité néonatale (Gardner et al., 2007). Toutefois, le poids à la naissance est une mesure simple pour évaluer la croissance fœtale à terme sur des aspects quantitatifs, mais fournit peu de renseignements quant aux aspects qualitatifs. Les effets intrinsèques liés à un faible poids de naissance, en tant qu'indicateur des maladies apparues dans des stades ultérieures de vie méritent plus d'études (Huxley et al., 2002).

L'amélioration de la nutrition des brebis prolifiques en fin de gestation détermine des effets positifs sur la croissance et le développement de fœtus (Stevens et al., 1990; Budge et al., 2000). Le Conseil de recherche sur la biotechnologie et les sciences biologiques (BBSRC: pour Biotechnology and Biological Sciences Research Council) a basé ses calculs pour définir les normes de l'alimentation des brebis sur l'efficacité de conversion énergétique, c'est-à-dire le besoin minimal en énergie nécessaire pour produire un agneau de poids à la naissance égal à 4,5 kg. Cependant, l'efficacité de conversion énergétique ne semble pas strictement satisfaisante pour compenser les demandes métaboliques chez la brebis gestante puisqu'elle perd certaines quantités de poids pendant chaque gestation (Gardner et al., 2007). L'effet lié à la prise énergétique de l'alimentation de la brebis est de moindre importance pendant les trois

premiers mois de gestation, alors qu'en fin de gestation, cet effet devient considérable lorsque la croissance fœtale est maximale (Gardner et al., 2007).

## **VII.2. Aptitude de thermorégulation**

La susceptibilité des agneaux multiples face à des pertes excessives de chaleur et/ou une thermogénèse inadéquate ont permis de développer des voies d'amélioration de la thermorégulation afin de favoriser la survie chez les agneaux (Kerslake, 2010). Une alimentation rationnelle de la brebis gestante est en faveur de dépôt des réserves énergétiques et leur utilisation par l'organisme du nouveau-né (Budge et al., 2000; Symonds et al., 2003). La production des hormones thyroïdiennes dépend de l'absorption d'iode sanguin au niveau de la thyroïde (Underwood et Suttle, 1999). Chez les ovins, l'iode transporté activement à travers le placenta est indispensable pour le développement du fœtus et la synthèse des hormones thyroïdiennes à partir du 50<sup>ème</sup> jour de gestation (Potter et al., 1986). La supplémentation alimentaire en iode chez la brebis gestante peut avoir des effets positifs sur les profils thyroïdiennes des agneaux multiples et augmente leur production de chaleur. L'agneau nouveau-né ayant des taux plasmatiques d'hormones thyroïdiennes élevés est capable de produire suffisamment de chaleur pour maintenir sa température corporelle (Caple et Nugent, 1983; Polk et al., 1987). Les agneaux nés de mères dont l'alimentation est supplémentée en iode pendant la gestation possèdent des concentrations élevées de thyroxine (Andrewartha et al., 1980; Rose et al., 2007) et une température rectale plus élevée par comparaison aux agneaux dont les mères ne sont pas supplémentées (Donald et al., 1994). En revanche, une forte supplémentation (8%) de la ration maternelle en acides gras entraîne des problèmes de thermorégulation chez le nouveau-né (Chen et al., 2007).

## **VII.3. Prise du colostrum et relation mère-jeune**

L'adoption d'une alimentation adéquate pendant la gestation excite la production du colostrum chez la brebis (Murphy et al., 1996; Banchemo et al., 2004). Une ration maternelle supplémentée avec du sélénium, de la vitamine E et des acides gras conduit à une production suffisante du colostrum de bonne qualité immunologique et nutritionnelle. Elle active également les activités physiques du nouveau-né et l'expression de son comportement néonatal ce qui améliore ses chances de survie (Kott et al., 1983; Langlands et al., 1991; Capper et al., 2006; Munoz et al., 2006). Par contre, une forte supplémentation (+ 32%) de la ration maternelle en acides gras polyinsaturés diminue la production du colostrum (- 31%) chez la brebis et réduit le temps (22%) d'accès du nouveau-né aux mamelles (Capper et al.,

2006). De même, un déficit de l'alimentation de la brebis en cobalt affecte négativement la vigueur de l'agneau (Fisher et MacPherson, 1991) et retarde l'expression des liens avec la mère (Mitchell et al., 2007).

Un déficit de l'alimentation chez la brebis gestante aboutit à la réduction du poids de naissance des agneaux (Robinson et McDonald, 1989) et l'utilisation excessive des réserves énergétiques endogènes fœtales (Dalinghaus et al., 1991; Milley, 1993) destinées à la production de la chaleur (Mellor et Cockburn, 1986). Par contre, une alimentation adéquate et l'administration du glucose en fin de gestation peuvent augmenter le poids à la naissance, améliorer la valeur énergétique des réserves corporelles (Stevens et al., 1990; Budge et al., 2000) et stimuler la production du colostrum (Murphy et al., 1996; Banchemo et al., 2004).

#### **VII.4. Mode de conduite en post-partum**

Vu l'importance de la thermogénèse, la réduction des demandes énergétiques après la naissance favoriseraient la survie des agneaux multiples de faible vigueur. Ceci est possible par la surveillance des mise-bas, l'intervention rapide pour aider la brebis à mettre bas en cas de dystocie et prodiguer des soins particuliers aux agneaux comme l'usage de couverture ou le recours aux milieux abrités afin de minimiser les pertes de la chaleur (Fisher, 2007).

Par ailleurs, les pratiques permettant de faire accepter à une brebis un agneau étranger sont courantes en particulier avec des agnelages qui s'étalent sur une courte durée. Ces pratiques sont efficaces pour améliorer la survie des agneaux dans le cas d'une insuffisance de la production laitière, la mort de la mère, les portées multiples et le rejet du nouveau-né. En tenant compte de l'importance immunologique du colostrum, le rôle de l'éleveur est indispensable pour assurer une bonne acquisition de l'immunité à travers l'administration du colostrum chez les agneaux de faible vigueur. Les recommandations traditionnelles sont toujours d'actualité:

- le colostrum (première traite) doit être donné aussitôt que possible après la naissance et en quantité suffisante: chaque agneau doit recevoir une quantité du colostrum de 200-250 ml/kg de poids vif au cours des premières 18 h de vie. Au premier repas, un minimum de 100 ml est recommandé,
- l'administration du colostrum doit être poursuivie pendant les trois premiers jours, afin qu'il puisse jouer son rôle de protection locale de la muqueuse intestinale contre l'attachement des bactéries ou des virus,

## ***Bibliographie***

---

- le colostrum excédentaire de première traite peut être congelé pour suppléer à une mère déficiente. Il devra alors être congelé à une température n'excédant pas - 50°C pour éviter une dénaturation thermique des immunoglobulines.

La nutrition de la brebis gestante peut influencer l'expression du comportement maternel. Une sous-alimentation affecte le comportement maternel alors qu'un supplément alimentaire adéquat entraîne des effets bénéfiques sur le comportement de la brebis ce qui contribue à l'amélioration de la survie des jeunes (Putu et al., 1988b).

## **Objectifs de thèse**

Les mécanismes impliqués dans la construction de la relation mère-jeune, ainsi que les facteurs qui affectent la survie et le bien-être des agneaux sont bien connus chez les races ovines européennes même celles de faible prolificité. Néanmoins, on sait peu de chose sur les ovins prolifiques à l'échelle des pays de Maghreb telles que la race D'man. Même s'ils existent, les travaux réalisés rapportent uniquement des taux de mortalité sans aborder les facteurs de risque spécifiques en rapport avec la vigueur du nouveau-né, la physiologie périnatale et le comportement animal. La population des ovins D'man élevés dans les oasis tunisiennes présente un intérêt scientifique de choix à plusieurs titres : i) elle permet d'aborder les facteurs encore méconnus qui affectent la survie et les performances de croissance dans des conditions d'élevage parfois difficiles, ii) elle permet de relier la physiologie périnatale à la survie et à la croissance des agneaux prolifique et iii) elle constitue un support pour l'étude de relation mère-jeune chez une race prolifique jamais abordée jusqu'alors. Ce travail de thèse vise à déterminer les facteurs de risque de la mortalité, autres que pathologiques, chez les agneaux D'man élevés en intensif dans les oasis de Gabès en étudiant:

- 1- les facteurs d'ordre zootechnique et environnemental qui influent sur les performances de croissance et la survie des agneaux,
- 2- les changements physiologiques chez le nouveau-né et leurs impacts sur la survie et la croissance des agneaux,
- 3- le comportement de la brebis à la mise-bas, le comportement maternel et néonatal et la relation mère-jeune.

## **Partie 2: TRAVAIL EXPÉRIMENTAL**

---

# **CHAPITRE 1: Etude des performances de croissance et de la mortalité chez les agneaux D'man élevés en intensif dans les oasis de Gabès.**

Le travail de ce chapitre a fait l'objet d'une publication dans la revue " Small Ruminant Research " (ANNEXE).

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Krit R., Lahsoumi B., Ben Sassi M., Nowak R., Ben Hamouda M., 2011. Phenotypic and seasonal factors influence birth weight, growth rate and lamb mortality in D'man sheep maintained under intensive management in Tunisian oases. Small Ruminant Research. 99: 166-170.

## **Etude des performances de croissance et de la mortalité chez les agneaux D'man élevés en intensif dans les oasis de Gabès**

### **I. Introduction**

L'élevage ovin revêt un intérêt économique, social et environnemental considérable dans l'ensemble des pays à climat méditerranéen (De Rancourt et al., 2006). En Tunisie, et plus particulièrement au centre et au sud du pays, l'élevage des ovins a été pratiqué depuis longtemps pour répondre aux besoins économiques, sociaux et environnementaux (Ben Hamouda, 2011).

Les systèmes alimentaires des ovins ont subi des mutations suite aux changements climatiques, économiques, sociaux et institutionnels qu'a connus la Tunisie. Par exemple, la faible contribution des plantes fourragères et spontanées dans l'alimentation des petits ruminants en général suite à la dégradation des parcours a conduit à l'utilisation excessive des aliments concentrés, en particulier l'orge et le son de blé (Ben Salem, 2011). Par ailleurs, les oasis tunisiennes dotées d'atouts naturels peuvent constituer une alternative en couvrant une part importante de l'alimentation du bétail grâce à la culture des plantes fourragères (luzerne, orge, sorgho, ...) et la disponibilité des sous-produits du palmier dattier et d'autres arbres fruitiers. Grâce à ces caractéristiques, des projets de développement ont été lancés dans les oasis et les périmètres irrigués, tels que l'élevage familial des petits ruminants (Hammadi, 2003) et l'intensification d'élevage des chèvres laitières Alpines et des brebis prolifiques D'man (Dhaoui et Bourbouze, 2004).

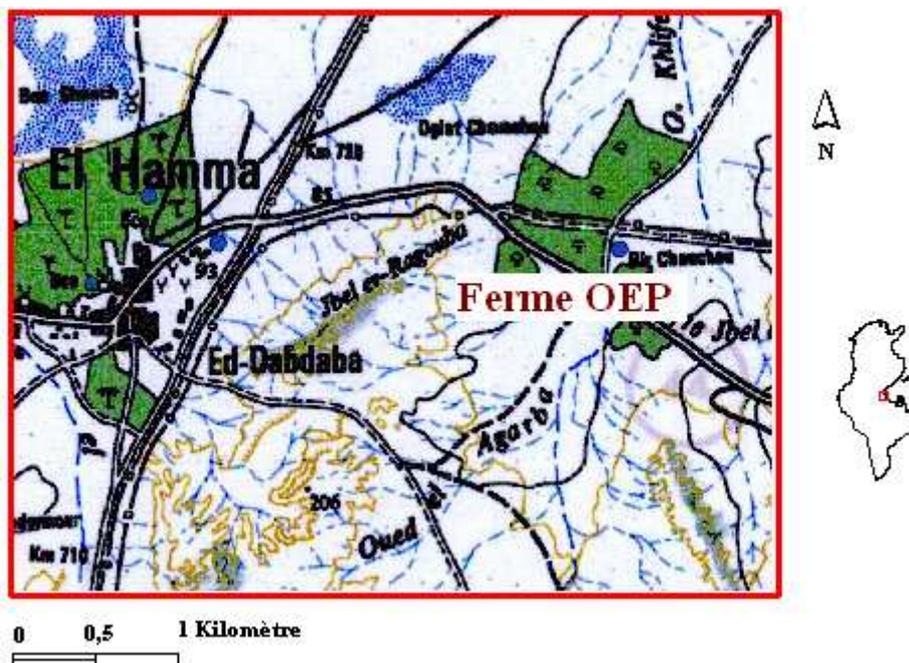
Les ovins D'man possèdent des caractéristiques reproductives intéressantes grâce à une prolificité élevée, une précocité sexuelle (7 mois) et une activité de reproduction continue. Ces caractéristiques reproductives exceptionnelles ont permis d'avoir trois agnelages tous les deux ans, voire deux agnelages par an (Rekik et al., 2011). En effet, le rythme accéléré de reproduction peut expliquer l'extension rapide de la population D'man à travers les oasis tunisiennes. Par conséquent, la diffusion des animaux D'man à travers les oasis est en faveur de leur adaptation aux conditions d'élevage en Tunisie (Rekik et al., 2002). Cependant, les faibles performances de croissance et les taux de mortalité élevés (> 15%) des agneaux ont constitué des contraintes majeures pour les éleveurs, ce qui pose question en ce qui concerne les effets néfastes de la prolificité sur la survie et le bien être des agneaux. Ainsi, la prolificité élevée des brebis D'man peut accentuer les effets indésirables de l'intensification à travers des problèmes qui affectent négativement la survie et les performances de croissance des

agneaux. Dans ce cadre, l'objectif principal de ce premier chapitre est de déterminer les facteurs de risque qui affectent la croissance des agneaux D'man et contribuent à des taux élevés de la mortalité.

## II. Matériels et méthodes

### II.1. Site expérimental

Ce travail a porté sur les données collectées sur 1189 agneaux D'man à la Ferme Pilote de l'OEP pendant 5 ans (2004-2009). La Ferme Pilote de l'OEP fait partie du Projet Agronomique de Chenchou localisé entre les villes de Gabès et d'El-Hamma, plus précisément à une latitude de  $33^{\circ}29'57,8''$  et une longitude de  $10^{\circ}38' 37,3''$  (figure 1). Cette région est connue par des températures basses ( $10,7^{\circ}\text{C}$ ) en janvier et des températures élevées ( $37,3^{\circ}\text{C}$ ) en août (Floret et Pontanier, 1982).



**Figure 1:** Localisation de site du travail expérimental (Ferme Pilote de l'OEP).

Le choix de cette ferme dès le départ n'était pas fortuit pour les raisons suivantes: tout d'abord, une base de données était disponible à cette ferme grâce au suivi technique et régulier des agents de l'OEP. De plus, la possibilité d'effectuer des séjours dans une étape ultérieure de ce travail de thèse a permis la collecte de données plus détaillées sur place à chaque agnelage. Enfin, la ferme de l'OEP est le noyau principal des ovins D'man qui ont été

dispersés par la suite dans les oasis à travers des structures d'élevages privés selon la demande.

Le mode de conduite des animaux dans cette ferme répond aux conditions des élevages intensifs. Sur le plan alimentaire, les cultures fourragères (luzerne, avoine, sorgho,...) sont pratiquées à proximité dans les périmètres irrigués et l'aliment concentré est fabriqué par l'usine de Chenchou. Sur le plan reproductif, le maintien d'un rythme d'agnelages accéléré permet d'avoir trois agnelages tous les deux ans voire même deux agnelages par an. Sur le plan hygiénique, le suivi sanitaire régulier des animaux est assuré par un vétérinaire.

Par ailleurs, des protocoles expérimentaux très précis sont primordiaux pour mener à terme les travaux de thèse, ainsi que l'aide d'un berger qualifié et la disponibilité d'un lot contrôlé des brebis. Ces exigences ont été à notre disposition à la ferme Pilote de l'OEP.

## **II.2. Description de l'élevage**

La bergerie de la Ferme Pilote de l'OEP est construite de façon à permettre la protection des animaux pendant les climats sévères, de les gérer en lots homogènes et d'assurer le déroulement des travaux quotidiens du berger. De même, les normes de bâtiment répondent aux exigences des élevages intensifs avec un sol en terre non battue et couvert d'une litière de paille. L'aire est couverte, en partie, par un toit fait de bois et de palmes sèches, ainsi qu'une surface d'exercice ouverte et équipée de mangeoires, de râteliers et d'abreuvoirs permettant un accès à l'eau *ad libitum*.

La pratique de gestion des animaux par lot est une tâche majeure dans cet élevage ce qui permet le rationnement de l'alimentation selon l'âge et le stade physiologique des animaux et par conséquent réduire le coût de production. Les brebis reproductives sont réparties en familles de 15 à 20 têtes, chacune étant dédiée à un seul bélier, ce qui permet de contrôler les mise-bas et la paternité. La mise en lutte des agnelles pour la première fois se fait selon le besoin avec un poids au minimum égal à  $2/3$  du poids adulte ce qui coïncide souvent avec un âge de 8 mois. De même, la prévention des accouplements consanguins est fortement recommandée.

Souvent, les périodes de lutte, d'une durée moyenne égale à 45 jours, coïncident avec les mois d'avril-mai, juillet-août et novembre-décembre, ce qui permet d'avoir des mises-bas en automne, hiver et printemps, respectivement.

La ration distribuée (tableau 1) est basée essentiellement sur le foin de luzerne et l'aliment concentré numéro 5 (Orge, Maïs, Son et CMV) fabriqué à l'usine de Chenchou à

Gabès. La luzerne cultivée dans les parcelles à proximité de la ferme est très riche en éléments nutritifs (protéines digestibles, vitamines et sels minéraux) et possède un pouvoir stimulant sur la productivité laitière des brebis. Par ailleurs, la culture de la luzerne peut enrichir le sol en azote. Cette culture constitue la principale source fourragère en couvrant environ 86% de la superficie totale du projet et son rendement peut atteindre 11,8 tonnes de foin/ha/an dans les conditions optimales.

**Tableau 1:** Rations alimentaires distribuées aux brebis D'man.

Aliments	Préparation (15j)	Lutte (45j)	Gestation		Lactation (1-70j)	Tarisement (1-30j)
			1-3 mois	4-5 mois		
Foin	1,5 kg/tête/j	1 Kg/tête/j	1 kg/tête/j	1 kg/tête/j	1,5 kg/tête/j	1 kg/tête/j
Concentré	500 g/tête/j	300 g/tête/j	300 g/tête/j	500 g/tête/j	500 g/tête/j	---

Les béliers reçoivent une quantité constante de foin de luzerne (1,5 kg/tête/j) alors que la quantité du concentré est variable selon les périodes de leur activité sexuelle et de repos. En phase de préparation et durant la lutte, cette quantité est égale à 500 g/tête/j, alors qu'en période de repos, elle est de 250 g/tête/j.

Pour les agneaux âgés de moins de 15 jours, l'alimentation est basée uniquement sur le lait maternel. Cependant, quelques chèvres Alpines sont réservées selon le besoin pour adopter les agneaux abandonnés par leurs mères, les agneaux orphelins ainsi que ceux issus de mère présentant un manque ou une insuffisance de la production laitière durant les deux premières semaines de vie afin d'assurer leurs besoins nutritionnels. A partir de la 3<sup>ème</sup> semaine de vie, l'agneau commence à ingérer le concentré et le foin de luzerne de bonne qualité. Entre le 1<sup>er</sup> mois d'âge et le sevrage, les quantités de foin (0,1-0,5 kg/tête/j) et de concentré (50-150 g/tête/j) sont disposées dans un espace spécifique permettant l'accès libre uniquement aux agneaux. Après le sevrage vers 70 jours, les quantités distribuées de fourrages et de concentré sont de l'ordre de 0,8-1,5 kg/tête/j et 300-500 g/tête/j, respectivement.

La prophylaxie est assurée par un contrôle sanitaire régulier et des vaccinations contre les principales maladies sont programmées. Il s'agit de la fièvre aphteuse entre septembre et décembre, la fièvre malteuse, le clavelée et la fièvre catarrhale ou maladie de la langue bleue entre janvier et avril. La prévention contre l'entérototoxicité accompagnée de perturbations digestives est assurée par une injection sous cutanée de Coglavax. Par ailleurs, la lutte antiparasitaire s'effectue à l'aide de traitements par voie orale, comme le

Cevantel 5%, contre les parasites internes digestifs et pulmonaires. Egalement, des injections intradermiques de différents traitements tels que l'Ivermectyl 1% sont effectuées contre des parasitoses internes et externes. Pour les brebis reproductrices les vaccins et les traitements sont faits avant la lutte alors que pour les nouveau-nés, la prévention sanitaire se fait après sevrage.

### **II.3. Paramètres étudiés**

Le poids à la naissance ( $P_N$ ) a été déterminé; il a été suivi par des pesées périodiques dès le 21<sup>ème</sup> jour après la première mise-bas et sont poursuivies tous les 21 jours. Les poids aux âges types à 30 jours ( $P_{30}$ ) et à 70 jours ( $P_{70}$ ) ont été estimés par interpolation ou extrapolation linéaires. Les Gains Moyens Quotidiens entre la naissance et 30 jours ( $GMQ_{0-30}$ ) et entre 30 et 70 jours ( $GMQ_{30-70}$ ) ont été également déterminés. Enfin, le taux de mortalité des agneaux a été calculé de la naissance jusqu'au sevrage vers 70 jours tout en incluant les mort-nés.

### **II.4. Analyses statistiques**

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel SAS (9.1). Les effets moyens des facteurs de variation ont été estimés par la méthode des " Moindres-Carrés " à l'aide de l'instruction Lsmeans (Least Square Means).

Le modèle " $Y_{ijkl} = \mu + SN_i + AB_j + Sk + TPl + e_{ijkl}$ " a été utilisé pour étudier la variabilité des paramètres considérés ( $P_N$ ,  $P_{30}$ ,  $P_{70}$ ,  $GMQ_{0-30}$  et  $GMQ_{30-70}$ ). Où  $Y_{ijkl}$  est la performance de nième agneau,  $\mu$  est la moyenne générale.  $SN_i$  est l'effet fixe de la saison de naissance ( $SN_1$  = automne,  $SN_2$  = hiver,  $SN_3$  = printemps,  $SN_4$  = été),  $AB_j$  représente l'effet fixe du j<sup>ème</sup> âge de la brebis ( $AB = 1 - 8$ ,  $AB \geq 9$  ans).  $Sk$  est l'effet fixe du k<sup>ème</sup> sexe ( $S_1$  = mâle,  $S_2$  = femelle).  $TPl$  est l'effet fixe de la l<sup>ème</sup> taille de portée ( $TP_1$  = simple,  $TP_2$  = double,  $TP_3$  = triple,  $TP_4 \geq$  quadruple) et  $E_{ijkl}$  est l'erreur aléatoire relative  $e_{ijkl}$ <sup>ème</sup> observation.

Les différences entre les moyennes selon les facteurs étudiés ont été analysées par le test SNK (Student-Newman-Keuls). De même, les différences entre les taux de mortalité ainsi que leurs degrés de liaison statistique ( $F$ -statistic) ont été analysés par le test Chi-deux ( $\lambda^2$ ) grâce à la procédure PROC FREQ.

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Résultats

##### III.1.1. Poids et vitesse de croissance

Les valeurs moyennes ( $\pm$  écart-type) du poids à la naissance, des poids aux âges types et des Gains Moyens Quotidiens des agneaux D'man sont consignées dans le tableau 2. Le poids à la naissance étant en moyenne de  $2,7 \pm 0,7$  kg avec des valeurs extrêmes situées entre 0,8 et 5 kg ce qui reflète une variabilité considérable. Les vitesses de croissance atténuées (GMQ<sub>0-30</sub> et GMQ<sub>30-70</sub>) sont égales à  $137 \pm 48$  g/j et  $125 \pm 47$  g/j, respectivement. Cependant, une perte de poids a été constatée chez certains agneaux à différents âges, ce qui justifie les valeurs négatives de  $-2$  g/j et  $-61$  g/j pour GMQ<sub>0-30</sub> et GMQ<sub>30-70</sub>, respectivement (tableau 2). Une productivité numérique importante a été observée en considérant le nombre moyen d'agneaux (1,8) élevés jusqu'au sevrage par brebis mise en reproduction. Il en résulte un poids moyen de la portée de l'ordre de 22 kg à 70 jours.

**Tableau 2:** Poids et vitesses de croissance chez les agneaux D'man.

Paramètres	<i>n</i>	Moyenne	E-Type	Min.	Max.
P <sub>N</sub> (kg)	1189	2,7	0,7	0,8	5,0
P <sub>30</sub> (kg)	1078	6,9	1,8	2,2	14,1
P <sub>70</sub> (kg)	1053	12,0	3,2	3,5	23,5
GMQ <sub>0-30</sub> (g/j)	1078	137	48	- 2	305
GMQ <sub>30-70</sub> (g/j)	1049	125	47	- 61	279

##### III.1.2. Facteurs de variation

Les valeurs des " Moindres-Carrés " calculées en fonction des effets fixes de la saison de mise-bas, du sexe de l'agneau, de la taille de portée et d'âge de la brebis sont consignées dans les tableaux 3 et 4. Les facteurs étudiés ont des effets significatifs sur la variation du poids à la naissance (P<sub>N</sub>), de poids aux âges types (P<sub>30</sub> et P<sub>70</sub>) et des GMQ<sub>0-30</sub> et GMQ<sub>30-70</sub>.

Les agneaux nés au printemps sont plus lourds à la naissance, et ont des poids aux âges types (30 et 70 jours) plus importants par comparaison aux agneaux nés en hiver, en automne et en été (tableau 3). Ils enregistrent par conséquent des vitesses de croissance (GMQ<sub>0-30</sub> et GMQ<sub>30-70</sub>) plus importantes (tableau 4).

Comparés aux femelles, les mâles présentent une supériorité en termes de poids à la naissance ( $P_N$ ), de poids aux âges types ( $P_{30}$  et  $P_{70}$ ) et des  $GMQ_{0-30}$  et  $GMQ_{30-70}$ .

La taille de portée a une influence ( $P < 0,05$ ) sur le poids à la naissance ( $P_N$ ), les poids aux âges types ( $P_{30}$  et  $P_{70}$ ) et les Gains Moyens Quotidiens ( $GMQ_{0-30}$  et  $GMQ_{30-70}$ ). Les valeurs calculées pour les agneaux simples sont plus importantes ( $P < 0,05$ ) par comparaison aux agneaux doubles, triplets, quadruplets et quintuplés (tableaux 3 et 4).

**Tableau 3:** Valeurs moyennes de LSM estimées pour le poids à la naissance et les poids aux âges types en fonction de la saison de naissance, le sexe, la taille de portée et l'âge de la brebis.

Facteurs de variation		$P_N$ (kg)		$P_{30}$ (kg)		$P_{70}$ (kg)	
		<i>n</i>	LSM	<i>n</i>	LSM	<i>n</i>	LSM
<b>Saison de la naissance</b>		**		***		***	
<b>ddl = 3</b>	Automne	517	2,75 <sup>b</sup>	477	6,98 <sup>b</sup>	470	11,91 <sup>b</sup>
	Hiver	246	2,76 <sup>b</sup>	209	6,71 <sup>b</sup>	199	11,60 <sup>b</sup>
	Printemps	248	2,87 <sup>a</sup>	227	7,39 <sup>a</sup>	220	12,74 <sup>a</sup>
	Eté	178	2,69 <sup>b</sup>	165	7,02 <sup>b</sup>	164	11,86 <sup>b</sup>
<b>Sexe de l'agneau</b>		***		***		***	
<b>ddl = 1</b>	Mâle	588	2,86 <sup>a</sup>	541	7,27 <sup>a</sup>	530	12,47 <sup>a</sup>
	Femelle	602	2,68 <sup>b</sup>	537	6,78 <sup>b</sup>	523	11,58 <sup>b</sup>
<b>Taille de la portée</b>		***		***		***	
<b>ddl = 3</b>	Simple	129	3,51 <sup>a</sup>	123	9,46 <sup>a</sup>	123	15,69 <sup>a</sup>
	Double	613	2,95 <sup>b</sup>	570	7,23 <sup>b</sup>	570	12,49 <sup>b</sup>
	Triple	312	2,54 <sup>c</sup>	282	6,08 <sup>c</sup>	282	10,61 <sup>c</sup>
	≥ Quadruple	135	2,09 <sup>d</sup>	103	5,33 <sup>d</sup>	101	9,33 <sup>d</sup>
<b>Age de la brebis (an)</b>		***		***		***	
<b>ddl = 8</b>	1	187	2,35 <sup>b</sup>	164	6,12 <sup>b</sup>	158	10,05 <sup>d</sup>
	2	149	2,75 <sup>a</sup>	135	7,07 <sup>a</sup>	132	12,20 <sup>bc</sup>
	3	214	2,81 <sup>a</sup>	191	6,97 <sup>a</sup>	181	12,02 <sup>bc</sup>
	4	109	2,71 <sup>a</sup>	94	7,42 <sup>a</sup>	91	12,55 <sup>bc</sup>
	5	90	2,91 <sup>a</sup>	85	7,46 <sup>a</sup>	84	12,77 <sup>bc</sup>
	6	160	2,91 <sup>a</sup>	150	6,24 <sup>a</sup>	147	12,87 <sup>ab</sup>
	7	95	2,87 <sup>a</sup>	88	7,28 <sup>a</sup>	86	12,36 <sup>bc</sup>
	8	90	2,77 <sup>a</sup>	86	6,80 <sup>a</sup>	86	11,54 <sup>c</sup>
≥ 9	95	2,81 <sup>a</sup>	85	6,87 <sup>a</sup>	88	11,91 <sup>bc</sup>	
<b>Coefficient de détermination (<math>R^2</math>)</b>		0,35		0,40		0,32	

**ddl:** degré de liberté; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$  et *ns* ( $P > 0,05$ ).

Les valeurs avec des lettres différentes (par colonne) sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Les résultats ont montré que les agneaux nés des mères les plus jeunes (1 an) ont les performances les plus faibles ( $P < 0,05$ ) par comparaison aux agneaux nés de mères les plus âgées (2 - ≥ 9 ans). Les performances les plus importantes ont été observées pour les mères âgées de 6 ans, après quoi une diminution est observée (tableaux 3 et 4).

**Tableau 4:** Valeurs moyennes LSM estimées pour les Gains Moyens Quotidiens en fonction de la saison de naissance, le sexe, la taille de portée et l'âge de la brebis.

Facteurs de variation	GMQ <sub>0-30</sub> (g/j)		GMQ <sub>30-70</sub> (g/j)		
	<i>n</i>	LSM	<i>n</i>	LSM	
<b>Saison de la naissance</b>					
		***		<i>ns</i>	
<b>ddl = 3</b>	Automne	477	140 <sup>b</sup>	470	123
	Hiver	209	130 <sup>c</sup>	195	123
	Printemps	227	150 <sup>a</sup>	220	132
	Eté	165	143 <sup>ab</sup>	164	121
<b>Sexe de l'agneau</b>					
		***		***	
<b>ddl = 1</b>	Mâle	541	146 <sup>a</sup>	529	130 <sup>a</sup>
	Femelle	537	136 <sup>b</sup>	520	119 <sup>b</sup>
<b>Taille de la portée</b>					
		***		***	
<b>ddl = 3</b>	Simple	123	198 <sup>a</sup>	122	157 <sup>a</sup>
	Double	570	142 <sup>b</sup>	560	131 <sup>b</sup>
	Triple	282	117 <sup>c</sup>	268	111 <sup>c</sup>
	≥ Quadruple	103	107 <sup>c</sup>	99	99 <sup>c</sup>
<b>Age de la brebis (an)</b>					
		***		***	
<b>ddl = 8</b>	1	164	124 <sup>c</sup>	158	96 <sup>d</sup>
	2	135	143 <sup>ab</sup>	132	127 <sup>bc</sup>
	3	191	138 <sup>abc</sup>	181	126 <sup>bc</sup>
	4	94	155 <sup>b</sup>	91	126 <sup>bc</sup>
	5	85	151 <sup>ab</sup>	84	132 <sup>bc</sup>
	6	150	143 <sup>ab</sup>	147	141 <sup>ab</sup>
	7	88	145 <sup>ab</sup>	86	126 <sup>bc</sup>
	8	86	133 <sup>ac</sup>	86	119 <sup>c</sup>
	≥ 9	85	136 <sup>abc</sup>	84	127 <sup>bc</sup>
<b>Coefficient de détermination (R<sup>2</sup>)</b>		0,29		0,15	

**ddl:** degré de liberté; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$  et *ns* ( $P > 0,05$ ).

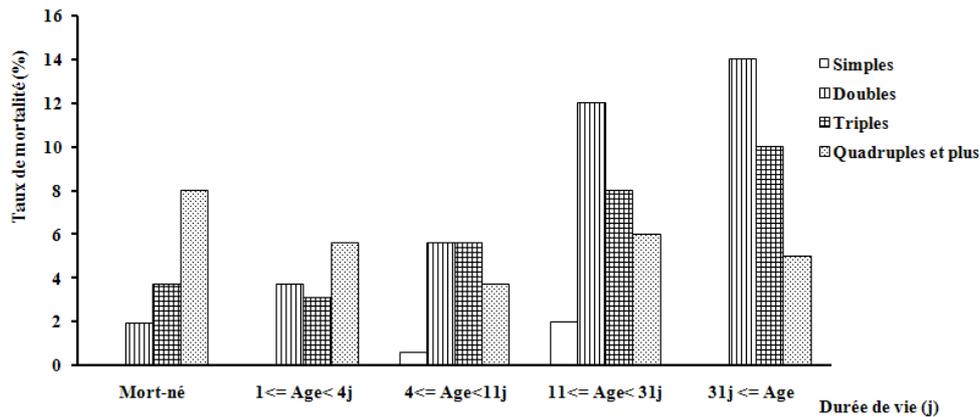
Les valeurs avec des lettres différentes (par colonne) sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

### III.1.3. Mortalité des agneaux

Sur un total de 1208 agneaux nés dont 19 sont des mort-nés, nous avons enregistré 168 cas de mortalité entre la naissance et le sevrage (70 jours) soit un taux global égal à 13,4%. Le taux de mortalité montre une variabilité en fonction de l'âge des agneaux. Ainsi, une proportion importante de la mortalité (41%) a été enregistrée pendant les 10 premiers jours de vie, dont 26% concernent les 3 premiers jours de vie. Le taux de mort-nés est de 13,6% dont 1,9% sont des jumeaux, 3,7% des triplets et 8% des quadruplets et/ou quintuplés (figure 2).

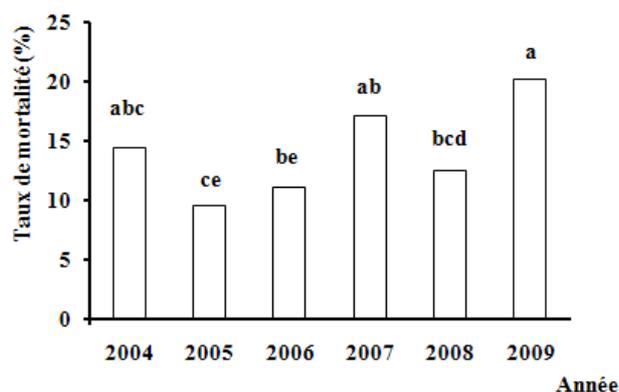
Aucune mortalité n'a été enregistrée chez les agneaux nés simples avant/ou durant la naissance, ni pendant les 3 premiers jours de vie. Cependant, un taux de la mortalité de l'ordre de 2,6% a été observé chez les agneaux simples entre 4 et 30 jours de vie. Quant aux jumeaux, un taux de mortalité égal à 5,6% a été enregistré pendant les 3 premiers jours de vie en incluant les mort-nés. Cependant, le taux de mortalité des jumeaux augmente entre 4 et 30 jours pour atteindre 17,6%. Ce taux reste élevé (14%) entre un mois d'âge et le sevrage.

Un taux de 12,4% de mortalité incluant les mort-nés a été enregistré chez les agneaux triplets pendant les 10 premiers jours de vie. Par la suite, une proportion de la mortalité de l'ordre de 18% a été enregistrée entre 10 jours et le sevrage. Un taux de mortalité élevé (17,3%) a été enregistré pendant les 10 premiers jours de vie chez les agneaux nés de portées quadruples et/ou quintuples, et dont 8% étaient des mort-nés. Cependant, seul 11% de la mortalité des agneaux nés de portées quadruples et/ou quintuples est survenue entre l'âge de 10 jours et le sevrage (figure 2).



**Figure 2:** Répartition de la mortalité par classe d'âge et en fonction de la taille de portée.

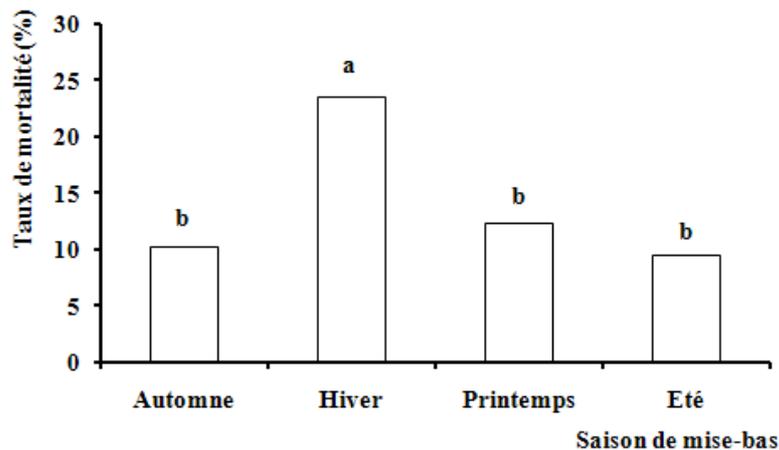
Les résultats ont montré une variabilité de la mortalité selon l'année d'agnelage (figure 3). Les taux de mortalité les plus faibles (9,5-14,3%) ont été enregistrés en 2005 et 2006. Le taux de la mortalité a montré une augmentation en 2007 et en 2009 dont la valeur la plus importante est de 20,1%.



**Figure 3:** Répartition de la mortalité selon l'année.

Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

De même, la saison de naissance a montré une influence significative sur le taux de mortalité des agneaux D'man (figure 4). Celui-ci est plus élevé en hiver (23,5%) comparé aux taux enregistrés au printemps (12,3%), à l'automne (10,2%) et en été (9,5%).

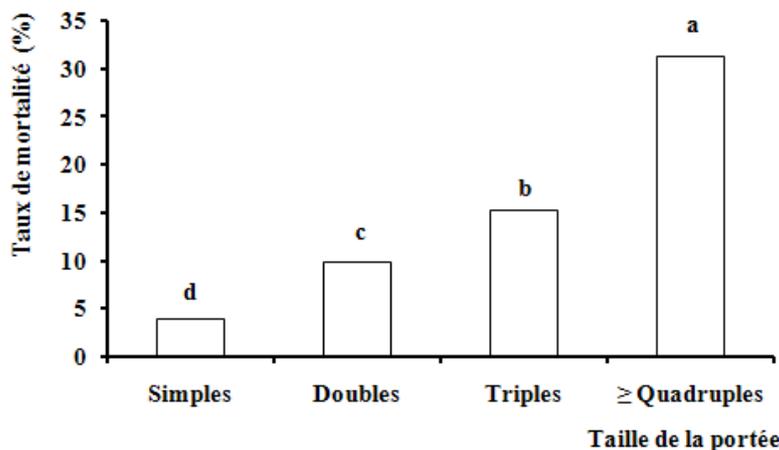


**Figure 4:** Répartition de la mortalité selon la saison de mise-bas.

Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Le sexe du nouveau-né n'a pas d'effet significatif sur la mortalité chez les agneaux D'man (mâles vs femelles: 10,4% vs 13,8%, n.s).

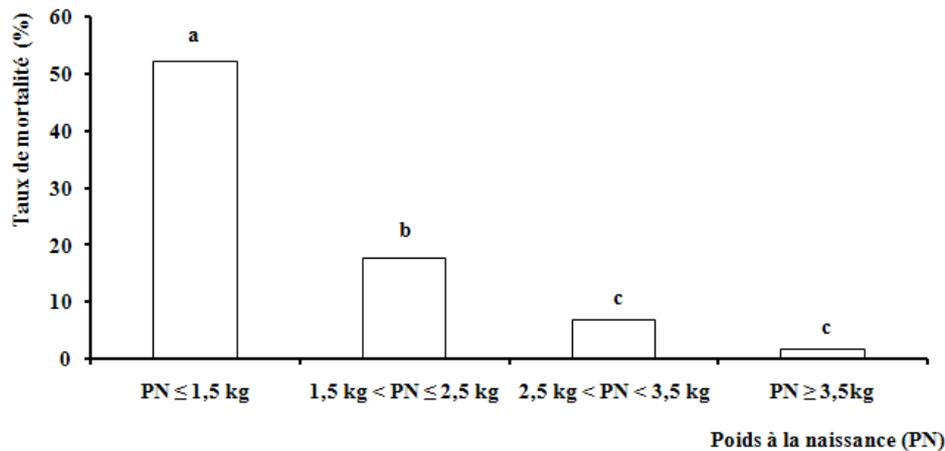
Une augmentation significative du taux de mortalité a été observée selon la taille de portée (figure 5). Le taux de mortalité le plus faible (3,9%) a été enregistré chez les agneaux simples, alors que le taux le plus élevé (31,3%) a été enregistré chez les quadruplets et/ou quintuplés.



**Figure 5:** Répartition de la mortalité selon la taille de portée.

Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Le poids à la naissance a influencé le taux de mortalité des agneaux D'man (figure 6). Le taux de mortalité des agneaux chétifs ( $PN \leq 1,5$  kg) est plus élevé (52,2%) que celui (17,7%) des agneaux ayant un faible poids ( $1,5 \text{ kg} < PN \leq 2,5$  kg). Les agneaux ayant des poids de naissance intermédiaire et élevé ( $2,5 \text{ kg} < PN \leq 3,5$  kg et  $PN \geq 3,5$ kg) ont enregistré des faibles taux de mortalité (6,7% et 1,8%, respectivement).



**Figure 6:** Répartition de la mortalité selon le poids à la naissance.  
Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

## III.2. Discussion

### III.2.1. Performances de croissance

Le poids moyen de naissance enregistré dans cette étude ( $2,7 \pm 0,7$  kg) est dans les normes des études précédentes. Il est similaire à la valeur ( $2,76 \pm 0,02$  kg) rapportée par Boujenane et Kansari (2002) pour les agneaux D'man élevés dans des conditions similaires au Maroc. Cependant, des valeurs du poids de naissance plus faibles (2,3 et 2,4 kg) ont été rapportées dans d'autres études (Boujenane et al., 1982; Berger et al., 1989). Le système d'exploitation adopté à la ferme de l'OEP semble mieux adapté aux besoins des brebis gestantes.

Les poids aux âges types ( $P_{30}$  et  $P_{70}$ ) estimés sont de l'ordre de  $6,9 \pm 1,8$  kg et  $12,0 \pm 3,2$  kg, respectivement. Des valeurs plus faibles ( $5,9 \pm 2,3$  kg et  $11,4 \pm 3,5$  kg) ont été rapportées chez les agneaux D'man élevés à Tozeur (Rekik et al., 2008), ce qui peut refléter des différences au niveau du mode d'élevage, en particulier en termes de l'alimentation des brebis.

Les poids aux âges types estimés pour  $P_{30}$  ( $6,9 \pm 1,8$  kg) et  $P_{70}$  ( $12,0 \pm 3,2$  kg) dans cette étude sont légèrement plus faibles par comparaison aux poids aux âges types estimés ( $7,7 \pm 0,1$  kg et  $14,8 \pm 0,1$  kg) pour les agneaux D'man élevés au Maroc (Boujenane et Kansari., 2002). De même, selon Rekik et al. (2005), une valeur plus élevée du poids à 70 jours (varie de 14 à 15 kg) a été observée chez les agneaux D'man. Ceci peut s'expliquer par une productivité laitière moins importante chez les brebis D'man élevées à la ferme de l'OEP et probablement les croisements consanguins qui affectent négativement le potentiel de croissance des agneaux (Rekik et al., 2011).

Les valeurs du poids à 70 jours définies à l'échelle de la Tunisie (Rekik et al., 2005), chez les agneaux de race Barbarine ( $P_{70}$  varie de 15 à 16), Queue Fine de l'Ouest ( $P_{70}$  varie de 15 à 16) et Noire de Thibar ( $P_{70}$  varie de 14 à 15 kg) sont plus importantes par comparaison aux valeurs mentionnées pour les agneaux D'man dans cette étude ( $12,0 \pm 3,2$  kg). Ces écarts peuvent s'expliquer en partie par des différences du potentiel de croissance et de la race.

D'après notre étude, la vitesse de croissance calculée entre 30 et 70 jours ( $125 \pm 47$  g/j) chez les agneaux D'man élevés à Chenchou est plus faible par comparaison au valeur ( $140 \pm 70$  g/j) rapportée précédemment chez les agneaux D'man élevés à Tozeur (Rekik et al., 2008).

Selon les résultats de Rekik et al. (2005), les performances de croissance précédemment décrites en Tunisie pour  $GMQ_{30-70}$ , chez la Barbarine (130-160 g/j), la Queue Fine de l'Ouest (130-160 g/j) et la Noir de Thibar (160-200 g/j) semblent plus importantes par rapport aux valeurs rapportées dans notre étude ( $125 \pm 47$  g/j). En plus d'effet du potentiel génétique, les différences des performances de croissance signalées entre les races ovines élevées en Tunisie se situent au niveau des systèmes d'élevages, extensif pour les races Barbarine et Queue Fine de l'Ouest, semi-intensif pour la Noire de Thibar et intensif pour la D'man. Ces différences peuvent être expliquées par une certaine adaptation aux différentes régions agroclimatiques du pays (Ben Hamouda, 2011).

Les agneaux D'man ont réalisé des vitesses de croissance très importantes pendant le premier mois de vie. Durant cette période, le poids de l'agneau dépend essentiellement des quantités de lait produites par la mère (Zapasnikienè, 2002).

### **III.2.2. Variation des performances de croissance**

Les agneaux nés en printemps ont des poids de naissance plus importants (2,87 kg) par comparaison aux agneaux nés en hiver (2,76 kg), en automne (2,75 kg) et en été (2,69 kg). De même, les poids à 30 et 70 jours ont été les plus élevés, ce qui a entraîné des vitesses de croissance plus importantes chez les agneaux nés au printemps. La saison de mise-bas est un facteur environnemental puissant influençant le poids à la naissance de l'agneau D'man ainsi que sa croissance dans les phases ultérieures. Ces résultats sont en accord avec des études antérieures qui ont rapporté que les naissances d'automne donnent des agneaux plus légers par comparaison aux naissances de printemps (Reid et al., 1988; Jenkinson et al., 1995; McCoard et al., 1996; Gootwine et Rozov, 2006).

L'effet de la saison sur le poids à la naissance peut s'expliquer en partie, par le fait que les fourrages distribués pendant le printemps sont de meilleure qualité, les brebis produisent plus de lait, ce qui se répercute positivement sur le poids et la croissance des agneaux (Analla et al., 1997). De même, les conditions climatiques sont optimales au printemps, ce qui permet d'avoir une croissance fœtale normale, en particulier en fin de gestation, un poids élevé à la naissance et des vitesses de croissance élevées, surtout chez les races prolifiques (London et Weniger, 1996).

Par ailleurs, l'effet de la saison de mise-bas sur le poids à la naissance peut s'expliquer par des différences photopériodiques (Ortavant et al., 1988), des changements au niveau de l'alimentation de la brebis pendant la gestation (Rhind et al., 2002; Redmer et al., 2004) et par des différences de la capacité de l'agneau à assurer sa thermorégulation (Shelton et Huston, 1968). De même, une variation de la durée de gestation peut accentuer l'effet de la saison sur le poids à la naissance de l'agneau (Jenkin et Young, 2004).

Une réduction importante du poids à la naissance a été signalée avec l'augmentation de la taille de portée chez les agneaux D'man élevés en conditions intensives à Gabès. Cette réduction atteint 16% en moyenne pour les jumeaux, 28% pour les triplets et 40% pour les quadruplets et les quintuplés par rapport aux agneaux nés simples. La diminution du poids à la naissance avec l'accroissement de la taille de portée peut s'expliquer par la contribution de plusieurs facteurs. Tout d'abord, l'effet de la taille de portée se traduit par une inhibition de la croissance suite à une compétition fœtale sur les nutriments, et par conséquent, un poids de naissance faible chez les agneaux nés multiples (Wallace, 1948; Robinson et al., 1977; Villette et al., 1984). De même, l'effet de la taille de portée peut s'exercer simultanément en réduisant la quantité de nutriments et le nombre de cotylédons par fœtus (Rhind et al., 1980).

Selon cette étude, les agneaux D'man nés de jeunes mères ont les performances les plus faibles par comparaison à ceux nés de mères plus âgées. Par la suite, une diminution des performances des agneaux est observée chez les mères après l'âge de 6 ans. Ces résultats sont en accord avec d'autres études qui ont signalé une amélioration du poids à la naissance avec l'âge chez la brebis (Duguma et al., 2002; Gardner et al., 2007; Taye et al., 2010). Les performances de croissance les plus élevées ont été enregistrées chez les agneaux nés de brebis âgées de 2 à 6 ans qualifiées d'une bonne expérience maternelle et d'une productivité laitière suffisante pour nourrir l'ensemble de portée. Ces observations sont en accord avec des études antérieures montrant que l'âge de la brebis peut influencer la vitesse de croissance des

agneaux jusqu'au sevrage (Fall et al., 1982; Filius et al., 1986; London et Weninger, 1996; Boujenane et Kansari, 2002).

Chez les brebis primipares, les organes reproductifs sont moins développés et peuvent par conséquent entrer en compétition avec les fœtus sur les nutriments, ce qui peut justifier un poids faible chez les agneaux nés de jeunes brebis (London et Weniger, 1996; Duguma et al., 2002; Tibbo, 2006).

La diminution des performances de croissance chez les agneaux D'man au-delà d'un certain âge des mères (6 ans) peut s'expliquer par l'épuisement des capacités reproductives et le vieillissement de l'appareil reproductif à cause d'un rythme d'agnelage accéléré. Des résultats similaires ont été précédemment observés (Houssin et Brelurut, 1980).

Malgré les faibles performances, une productivité numérique élevée jusqu'au sevrage (1,8 agneau/ brebis) a été signalée chez les brebis D'man élevées à la ferme de l'OEP à Chenchou. Il en résulte un poids moyen de la portée de l'ordre de 22 kg vers 70 jours. Ces observations sont similaires aux performances signalées au Maroc (Ben Ahmed, 1991; Bourfia et Touchberry, 1993b) montrant une productivité numérique à 90 jours qui varie de 1,45 à 1,97 et un poids de la portée de 19 à 30 kg.

### **III.2.3. Mortalité des agneaux**

Un taux de mortalité global égal à 13,4% a été signalé entre la naissance et le sevrage vers 70 jours chez les agneaux D'man élevés en Tunisie à la ferme de l'OEP. Environ 41% des mortalités a été enregistré pendant les 10 premiers jours après la naissance. Un taux de mortalité égal à 18,4% a été enregistré entre la naissance et le sevrage vers 90 jours chez les agneaux D'man élevés au Maroc (Boujenane et al., 1982). Nos résultats sont comparables aux observations de Boujenane et al. (2003) signalant des taux de mortalité pendant les 10 premiers jours de vie de l'ordre de 54%, 50% et 58,6% chez les agneaux D'man, Sardi, et Sardi × D'man, respectivement. Par ailleurs, une proportion de 20% de la mortalité a été signalée pendant les 3 premiers jours, 28,7% pendant la première semaine et 8% pendant la deuxième semaine de vie chez les agneaux Muzaffarnagari (Mandal et al., 2007).

Le taux de mortalité important survenant pendant les dix premiers jours de vie chez les agneaux D'man peut être expliqué par plusieurs facteurs. L'inhibition utérine de la croissance fœtale (Gootwine et al., 2007) et les difficultés de mise-bas sont les risques les plus prépondérants pendant la période néonatale (Gootwine et al., 2008). L'insuffisance de la production laitière, les troubles du comportement (relation mère-jeune) et les intempéries

climatiques sont des risques majeurs pour la survie de l'agneau pendant les dix premiers jours de vie.

Les résultats ont montré que 59% des mort-nés sont des quadruplets; ceci est en faveur de l'existence de problèmes de mise-bas chez les brebis D'man qui mettent en jeu la survie des agneaux. Les mise-bas dystociques à cause des mauvaises orientations du fœtus lors de l'expulsion ont été fréquemment observées dans le cas des portées triples (Dwyer, 2003). De plus, le problème de restriction de la corne utérine est fréquent en cas de portées multiples ce qui peut empêcher le transit libre du fœtus, et par conséquent, entraîne l'expulsion selon une mauvaise orientation et parfois même simultanément avec un autre fœtus (Kerslake, 2010).

Par ailleurs, le taux de mortalité élevé enregistré pendant les 10 premiers jours de vie chez les agneaux D'man peut s'expliquer par une forte proportion des agneaux de faible poids à la naissance (Bouix et al., 1974; Boutgayout, 1980; Ben Ahmed, 1991).

Un taux de mortalité élevé a été signalé chez les agneaux D'man nés en hiver (23,5%) par rapport à l'été, l'automne et le printemps (environ 10% en moyenne). Ceci peut refléter des agressions climatiques et environnementales auxquelles le nouveau-né doit faire face pendant l'hiver telles que des températures basses, du vent et souvent de la pluie. Chez les éleveurs, le choix des périodes de lutte est fait de manière à avoir des mise-bas en dehors des périodes les plus froides/ou le plus chaudes.

Nos observations sont en accord avec les études antérieures qui ont rapporté aussi des taux des mortalités plus élevés pendant les saisons froides et pluvieuses par comparaison aux saisons chaudes. En hiver, les conditions sont optimales pour la multiplication des microbes et des parasites, en particulier avec l'augmentation de l'humidité, ce qui rend par conséquent, la survie de l'agneau nouveau-né plus risquée (Boniwell, 1978).

Une augmentation significative du taux de mortalité des agneaux D'man a été signalée avec l'accroissement de la taille de portée. Le taux de mortalité le plus faible (3,9%) a été signalé chez les agneaux simples alors que le taux le plus élevé (31,3%) chez les agneaux quadruplets et quintuplés. La relation négative entre la taille de portée et la survie des agneaux a été rapportée chez plusieurs races ovines prolifiques (Hinch et al., 1985; Gama et al., 1991; Young et Dickerson, 1991; Fogarty et al., 2000; Kleemann et Walker, 2005).

Le taux de mortalité le plus élevé (52,2%) a été enregistré chez les agneaux chétifs de faible poids à la naissance ( $PN \leq 1,5$  kg). Au-dessous de 1,5 kg, les agneaux D'man sont immatures quelles que soient les conditions du milieu d'élevage ce qui augmente leur sensibilité aux agressions de l'environnement. Ces observations s'accordent en partie avec

quelques études antérieures qui ont rapporté une relation parabolique entre le poids à la naissance et le taux de mortalité chez les agneaux. Ainsi, les agneaux ayant des faibles poids de naissance et ceux ayant des poids élevés à la naissance ont davantage de chance de mourir (Mendel et al., 1989; Notter et Copenhaver, 1980; Turkson et Sualisu, 2005).

La survie des agneaux D'man peut être conditionnée par une multitude de facteurs tels que la saison de naissance, la taille de portée, le poids à la naissance et les caractéristiques zootechniques de la mère. Ces facteurs influencent également la survie du jeune chez d'autres races ovines (Notter et al., 1991; Velimir et al., 2005).

#### **IV. Conclusion**

Les facteurs influençant le poids à la naissance et la vitesse de croissance et qui contribuent à la mortalité élevée ont été déterminés chez un lot représentatif des agneaux D'man élevés en conditions intensives dans les oasis de Gabès. Le potentiel de survie et celui de croissance sont étroitement liés au poids à la naissance du nouveau-né, à la taille de portée et à la saison de naissance. Ainsi, les agneaux de poids réduits à la naissance ( $\leq 1,5$  kg), nés des portées multiples (triples et quadruples) et/ou en hiver ont enregistré les taux de mortalité néonatales et périnatales les plus élevés ainsi que les vitesses de croissance les plus faibles. De même, les brebis primipares et celles âgées au delà de 9 ans ont produit des agneaux ayant de faibles performances. Environ 14% de la mortalité enregistrée concerne des mort-nés ce qui suggère l'importance des facteurs liés à la parturition dans la survie des agneaux D'man. Par ailleurs, la période postnatale s'avère critique pour la survie du nouveau-né puisqu'environ 41% des mortalités ont été enregistrées pendant les 10 premiers jours de vie. Le taux élevé de la mortalité pendant les 10 premiers jours de vie peut s'expliquer par des causes spécifiques en rapport avec l'alimentation du jeune, les changements physiologiques postnatals et le comportement de couple mère-jeune.

L'étude de changements physiologiques postnatals, du processus de la parturition et du comportement mère-jeune est donc d'intérêt considérable pour déterminer les facteurs de risque de la mortalité chez les agneaux D'man.

## **Chapitre 2: Vigueur à la naissance, changements physiologiques postnatals et relations avec la survie et la croissance des agneaux D'man.**

Le travail de ce chapitre a fait l'objet d'une publication dans la revue " Small Ruminant Research " (ANNEXE).

**Chniter M.**, Hammadi M., Khorchani T., Ben Sassi M., Ben Hamouda M., Nowak R., **2013**. Aspects of neonatal physiology have an influence on early growth and survival of D'man lamb. *Small Ruminant Research*. 111: 162-170.

## **Vigueur à la naissance, changements physiologiques postnatals et relations avec la survie et la croissance des agneaux D'man**

### **I. Introduction**

La période périnatale représente une phase critique pour la survie et le développement du jeune ruminant pendant laquelle des changements physiologiques se produisent chez le fœtus. Ces changements assurent la maturation des systèmes vitaux et la mise en place des mécanismes physiologiques indispensables pour la transition d'une vie utérine vers une vie aérienne (Piccione et al., 2007). L'état métabolique de l'agneau nouveau-né est fragile et instable pendant la période néonatale ce qui augmente la sensibilité aux agressions d'origine environnementale et infectieuse (Dwyer, 2008).

La mortalité des jeunes se trouve invariablement concentrée dans les quelques jours qui suivent la naissance à cause de l'implication de différents facteurs de risque. Les problèmes de thermorégulation représentent les principaux risques de la mortalité des agneaux (Dalton et al., 1980; Morris et Kenyon, 2004; Thomson et al., 2004; Kerslake et al., 2005; Everett-Hincks et Dodds, 2008). L'ingestion de faibles quantités de colostrum a également des conséquences graves sur la survie du nouveau-né (Hinch, 1989; Dwyer et al., 2005; Everett-Hinks et al., 2005; Kerslake, 2010). Les maladies infectieuses représentent une cause importante de la mortalité des agneaux et ayant des grandes répercussions à cause des pertes économiques enjendrées en plus de leurs effets néfastes sur le bien-être animal (Hight et Jury, 1970; Sykes et al., 1976; Walker et al., 2003).

L'hypothermie fréquemment rencontrée chez les agneaux multiples est un risque majeur de la mortalité néonatale (Dalton et al., 1980; Thomson et al., 2004; Kerslake et al., 2005; Everett-Hincks et Dodds, 2008). Les effets néfastes des intempéries sur la capacité de thermorégulation et le potentiel de croissance ont été étudiés chez les agneaux (Slee, 1981; Slee et Springbett, 1986; Symonds et al., 1989; Mellor et Stafford, 2004). Face à des températures basses, la demande de production de chaleur augmente chez les agneaux multiples pour maintenir la température corporelle (Thomson et al., 2004; Morris et Kenyon, 2004) et assurer les besoins énergétiques pour le développement et la croissance (Lomb, 1984; Rensing, 1985). Toutefois, l'incapacité du nouveau-né à produire suffisamment de chaleur s'accompagne de conséquences dramatiques pour la survie (Mellor et Stafford, 2004). Une thermogénèse adéquate à la naissance dépend de plusieurs facteurs physiologiques liés au stade de maturité du jeune mais aussi à l'ingestion rapide de colostrum maternel. Chez le fœtus ovin, la décharge prénatale du cortisol induit la sécrétion de la triiodothyronine (Fraser

et Liggins, 1989; Forhead et al., 2006). La triiodothyronine (T3) possède un rôle clé dans la production de la chaleur en agissant sur le tissu adipeux brun (Symonds et al., 1995). Le cortisol et la T3 sont également impliqués dans la maturation des organes (Liggins, 1994; Fowden et al., 1993).

Par ailleurs, au delà de la période périnatale, les niveaux élevés de cortisol et des catécholamines sont des indices de stress (Apple et al., 1995) et peuvent nous renseigner sur l'état de souffrance de l'animal et par conséquent représentent des indices pour évaluer le bien-être (Genaro et al., 2011).

Chez les ruminants, l'importance du colostrum pour la survie du nouveau-né réside à la fois dans sa valeur nutritive et protectrice. En effet, le nouveau-né ne possède aucune protection immunitaire (Husband et al., 1972), et l'approvisionnement des anticorps maternels à travers le colostrum riche en immunoglobulines est une nécessité vitale (Hine et al., 2010). Un apport approprié en immunoglobulines assure une meilleure protection contre les maladies infectieuses chez l'agneau (Sawyer et al., 1977), le chevreau (Vihan, 1988; O'Brien et Sherman, 1993) et le veau (Quigley et al., 1995). Les immunoglobulines jouent un rôle important dans l'amélioration des performances de croissance des agneaux au cours de la première semaine (Al-Jawad et Lees, 1985; Quigley et al., 1995) et pendant les stades ultérieurs de vie (Halliday, 1976; Robinson et al., 1988).

Les protéines plasmatiques contribuent au développement de l'immunité et à la croissance du jeune, non seulement à cause de leur proportion élevée en immunoglobulines mais également grâce à leurs effets nutritionnels et physiologiques multiples (Chen et al., 1999).

Le glucose est une source énergétique indispensable pour le maintien de la température corporelle immédiatement après la naissance (Sunehag et Haymond, 2002; Stafford et al., 2007), le développement des organes et la croissance ultérieure du jeune (Greenwood et al., 2002). Outre les réserves énergétiques fœtales, la digestion du lactose absorbé dans le colostrum fournit au nouveau-né, dès les premiers repas, le principal apport exogène de glucose (Thompson et al., 2006).

Les lipides plasmatiques reflètent le statut métabolique et nutritionnel de l'animal (Nazifi et al., 2002). L'augmentation rapide de cholestérolémie chez le nouveau-né est liée à la prise du colostrum très riche en cholestérol (Piccione et al., 2010).

L'étude des caractéristiques physiques et physiologiques du nouveau-né et leur impact sur la survie et la croissance des agneaux multiples est d'un intérêt considérable que ce soit à

l'échelle économique (Amer et al., 1999) ou également en termes de bien-être animal (Fisher, 2007; Dwyer, 2008).

Les objectifs de ce chapitre visent à 1) étudier les caractéristiques physiques du nouveau-né et les changements physiologiques pendant les trois premiers jours de vie, 2) estimer le transfert des immunoglobulines IgG de la mère au nouveau-né et 3) envisager leurs relations avec la survie et les performances de croissance chez les agneaux D'man.

## **II. Matériels et méthodes**

### **II.1. Troupeaux étudiés**

Les animaux étudiés appartiennent à deux troupeaux D'man élevés en intensif dans les oasis de Gabès. En premier temps, ce travail a été réalisé à la station de l'OEP de Gabès. Cette station est localisée à 20 km vers l'Ouest de la ville de Gabès. D'un point de vue climatique, elle fait partie de l'étage aride inférieur recevant une pluviométrie en moyenne égale à 100 mm/an. Les brebis sont élevées en stabulation selon un système de reproduction accéléré permettant d'avoir trois agnelages pendant deux ans. Un ensemble de 191 brebis en bonne état a été étudié entre 2008 et 2011. Parmi cet ensemble, 28 sont des primipares âgées de 1 à 2 ans et 163 des multipares dont l'âge regroupe les classes suivantes: 2-3 ans (n = 54); 3-4 ans (n = 57) et 4-5 ans (n = 52). Les animaux se reproduisent en groupe de familles de 15 à 20 brebis avec un bélier. Chaque famille est allotie dans une large surface (7 m × 10 m) dont l'aire est couverte, en partie, par un toit fait de bois et de palmes sèches, ainsi qu'une surface d'exercice ouverte et équipée de mangeoires, de râteliers et d'abreuvoirs permettant un accès à l'eau *ad libitum*. La ration distribuée aux brebis gestantes répond à leurs besoins nutritionnels. Cette ration est basée essentiellement sur le foin de luzerne (1 kg/tête/j) et l'aliment concentré numéro 5 (300 à 500 g/tête/j). Composé d'orge, de maïs, de son de blé et de CMV, le concentré numéro 5 se caractérise par des teneurs en protéines et en cellulose brute respectivement égales à 18% et 12% et ayant une valeur énergétique de 0,8/kg U.F.L. Deux semaines avant la date prévue de la première mise-bas, les brebis ont été réalloties dans d'autres espaces abritées (10 m × 5 m) dont la moitié de l'aire est couverte. Pour chaque agneau né, un numéro d'identification est attribué et le nombril est désinfecté par une solution antiseptique. La date, le type de portée et le sexe sont notés dans un registre. Le poids à la naissance est déterminé soigneusement à l'aide d'une balance et la température rectale est enregistrée à l'aide d'un thermomètre menu d'une sonde souple.

Les agneaux incapables à découvrir les mamelles dans un délai de 2 heures après la naissance (n = 19) ont bénéficié d'une assistance particulière afin de garantir leur prise de

colostrum et ont été surveillés pendant les trois premiers jours de vie. Dans quelques occasions, les agneaux chétifs (n = 14) ont été adoptés à partir de l'âge de 4 jours par des chèvres Alpines qui l'allaitent deux fois par jours. Ces chèvres sont élevées à proximité dans la même ferme.

En plus de l'élevage commercial de la Ferme Pilote de l'OEP, l'étude a concerné un lot de 17 brebis D'man dont 6 sont des primipares (1-2 ans) et 11 des multipares (2-3 ans) élevées à la Station Expérimentale de l'Institut des Régions Arides à Chenchou. Les brebis primipares ont été mises en lutte naturelle sans synchronisation des chaleurs alors que les multipares ont fait l'objet d'un programme de synchronisation. La pose d'éponge vaginale en mousse de polyuréthane et imprégnée de 40 mg d'acétate de fluorgestone (FGA) a été réalisée chez les brebis reparties en groupes. Les béliers ont été introduits dans chaque lot environ 24 h après le retrait des éponges. Les conditions d'élevage des animaux sont similaires à celles décrites pour le troupeau de l'OEP. Dès que les premiers signes de la parturition sont détectés, les brebis périparturientes sont maintenues dans un box de mise-bas (2 m × 1 m). Les agnelages se sont déroulés sans difficulté avec quelques cas d'assistance de l'animalier selon le besoin. La principale particularité pour ce lot est que les brebis parturientes sont gardées dans le box de mise-bas pendant deux jours avant de rejoindre les brebis suitées. Dans ces conditions, la surveillance des animaux est assurée continuellement et les agneaux ont été allaités uniquement par leurs mères.

## **II.2. Paramètres étudiés et collecte des échantillons**

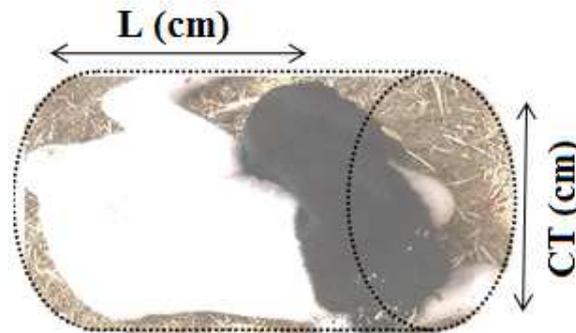
Au niveau de la ferme de l'OEP, les données ont été collectées entre 7 mai 2008 et 30 janvier 2011 sur un ensemble de 360 agneaux D'man. Le nouveau-né a été pesé dans l'heure qui suit la naissance et la température rectale a été enregistrée à des intervalles de 1-12 h, 24-36 h et 48-60 h après la naissance. De même, des prises de sang de la veine jugulaire (4 ml) ont été réalisées aux mêmes intervalles sur 95 agneaux parmi l'ensemble des agneaux étudiés (n = 360). La température ambiante a été enregistrée au jour de la naissance entre 10h:00 et 12h:00 pendant l'automne (Ta = 28,3 °C; 22-34 °C), l'hiver (Ta = 17,80 °C; 9-30 °C) et l'été (Ta = 35 °C; 32-37 °C).

Le groupe de 17 brebis et leurs agneaux (29) élevés à la station de Chenchou de l'IRA a servi pour des protocoles plus spécifiques. Ainsi, des mensurations corporelles (longueur cranio-caudale et circonférence thoracique) ont été prises sur chaque agneau nouveau-né. La température rectale a été enregistrée à des moments précis: à 1 h, 6 h, 12 h, 24 h, 36 h, 48 h et 12 jours après la naissance.

La surface corporelle a été estimée en appliquant l'équation de Kerslake et al. (2010):

$$SA (cm^2) = 2 \pi r L + 2 \pi r^2$$

Avec SA: Surface corporelle; r: Circonférence Thoracique (CT en cm) /  $2\pi$ ; L: Longueur (en cm) cranio-caudale (**Figure 7**).



**Figure 7:** Méthode d'estimation de la surface corporelle chez l'agneau nouveau-né.

Des prélèvements de sang ont été réalisés chez les brebis gestantes une semaine avant la mise-bas, puis à 1 h, 6 h, 12 h, 24 h, 36 h, 48 h et 12 jours après la mise-bas chez les mères et leurs jeunes. Des échantillons de colostrum et de lait à raison de 10 mL/brebis ont été collectés chez les mères à 1 h, 6 h, 12 h, 24 h, 36 h, 48 h et à 12 jours après la mise-bas.

Tous les prélèvements de sang ont été réalisés dans des tubes Vacutainer® contenant l'EDTA et placés directement dans la glace. Après centrifugation (20 min,  $3000 \times g$ ), le plasma récupéré, les échantillons de colostrum et de lait ont été stockés à  $-20^{\circ}\text{C}$  jusqu'aux analyses.

Les poids aux âges types P10 et P30 ont été estimés pour l'ensemble des agneaux étudiés par interpolation et extrapolation selon le cas. Les gains moyens quotidiens ont été calculés entre la naissance et 10 jours ( $\text{GMQ}_{0-10}$ ) et entre 10 jours et un mois ( $\text{GMQ}_{10-30}$ ). Le taux de mortalité a été calculé entre la naissance et le sevrage.

### **II.3. Analyses au laboratoire**

Les concentrations plasmatiques de protéines, de glucose, de cholestérol et de triglycérides ont été déterminées par la méthode colorimétrique en utilisant des kits commercialisés (Biomaghreb 20161, 20121, 20111 et 20131, respectivement).

### **II.3.1. Dosage des IgG**

Les concentrations des IgG dans le plasma et le colostrum ont été déterminées par le test ELISA direct. Le principe consiste à dissoudre l'antigène (IgG) dans une solution tampon PBS à pH 7,4 pour obtenir différentes concentrations de la courbe standard. Ainsi, à partir d'une solution mère des immunoglobulines G (1000 ng/mL), une courbe d'étalonnage a été préparée à l'aide des différents points de concentrations. Simultanément, les échantillons à doser sont décongelés à température ambiante et des dilutions adéquates ont été obtenues dans le tampon PBS de pH 7,4. Les solutions préparées pour la courbe standard, les dilutions retenues pour chaque échantillon de plasma et du colostrum ainsi qu'une solution témoin dépourvue des IgG (PBS) ont été réparties en duplicate dans les puits de plaque Maxisorp à raison de 200 µL. La plaque a été incubée à 37 °C pendant deux heures. Ensuite, le contenu de la plaque a été renversé soigneusement et rincé 3 fois (PBS-Tween) pour enlever l'excès non fixé. Les sites de fixation non occupés ont été saturés par une solution de lait écrémé/PBS (5%) à raison de 200 µL par puits pendant 30 min et à température ambiante. Cette étape de saturation est suivie de trois lavages successifs avec le PBS-Tween. Une solution d'anticorps secondaire couplé à la peroxydase et diluée au 1/10000 dans le PBS a été déposée à raison de 100 µL par puits. La plaque remplie a été incubée de nouveau à 37 °C pendant une heure puis lavée deux fois avec le PBS-Tween et une fois avec le PBS. Le substrat de l'enzyme a été préparé simultanément en parallèle du dernier lavage. Une quantité de 25 mg de l'OPD a été déposée dans un flacon contenant 10 mL de tampon citrate, le contenu a été dissout par agitation au vortex avant d'ajouter 40 µL de peroxyde d'hydrogène. Un volume égal à 100 µL a été déposé dans chaque puits avant d'incuber la plaque à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante. La réaction développée a été arrêtée par ajout de 50 µL d'une solution de HCl (3M). Au contact de peroxydase, le peroxyde d'hydrogène se dégrade et libère de l'oxygène ce qui permet par conséquent l'oxydation du substrat OPD et l'apparition d'une coloration jaune qui vire vers l'orangé dès l'ajout de HCl. La lecture de la DO à 492 nm à l'aide d'un lecteur ELISA (ASYS-HITECH) permet de quantifier la réaction antigène-anticorps.

### **II.3.2. Dosage de cortisol**

La concentration plasmatique du cortisol a été déterminée par la méthode RIA. Les travaux de dosage de cortisol ont été effectués au Laboratoire des dosages hormonaux de l'Unité Mixte de Recherche 7247 de Physiologie de la Reproduction et des Comportements à l'Institut National des Recherches Agronomiques de Nouzilly (France).

#### **II.4. Analyses statistiques**

Les données relatives au poids de naissance des agneaux ont été classées en trois classes comme suit (Dwyer et Morgan, 2006); classe 1: poids lourd supérieur à la valeur moyenne plus l'écart type, classe 2: poids medium situé entre la valeur moyenne moins l'écart-type et celle plus l'écart-type, et classe 3: poids léger inférieur à la moyenne moins l'écart-type.

Les données brutes ont fait l'objet d'analyses statistiques à l'aide du logiciel SAS (9.1). Les données de température rectale ont été analysées par la procédure GLM en employant un modèle qui inclut les effets fixes de l'année de naissance (2008, 2009, 2010 et 2011), de la saison de naissance (automne, hiver et été), de la taille de portée (simple, double, triple, quadruple et quintuple), de la classe du poids à la naissance (léger, medium et lourd), de l'âge de la mère ( $1 < 2$ ,  $2 < 3$ ,  $3 < 4$  et  $\geq 4$  ans) et du sexe de l'agneau (mâle, femelle). Le même modèle a été utilisé pour le traitement des données brutes des métabolites (glucose, protéines, cholestérol et triglycérides), mais en réduisant les niveaux des facteurs pour l'année de naissance (2010 et 2011), la saison de naissance (hiver et été), la taille de portée (simple/double, triple, quadruple et quintuple) et l'âge de la mère ( $< 2$  et  $3-4$  ans).

Les différences entre les valeurs moyennes ont été révélées par le test paramétrique Student-Newman-Keuls pour la variable température rectale et ceci en tenant compte du nombre élevé d'observations par classe. Alors que pour les variables des indices sanguins (protéines, glycémie, triglycérides, colostérol, IgG et cortisolémie) et des IgG dans le colostrum, nous avons utilisé des tests non paramétriques (Waller-Duncan K-ratio et Student *t-Test*) à cause du nombre réduit d'observations. Pareillement, les différences entre les valeurs moyennes des indices sanguins ainsi que des IgG dans le colostrum en fonction du temps après la naissance et la survie ont été décelées par le test non paramétrique Waller-Duncan K-ratio.

A titre indicatif, quelques données sont manquantes à cause a) de la mortalité des agneaux au cours des trois premiers jours d'âge, et 2) la non réussite du prélèvement de sang après deux essais dans un délai de 2 min afin d'éviter les risques de stress possibles.

Les relations entre les variables ont été étudiées par le calcul des coefficients de corrélation de Pearson. Le seuil de signification considéré dans l'analyse globale des données est fixé à 5%. Les résultats sont présentés en valeurs moyennes ( $\pm$  erreur standard).

### III. Résultats

#### III.A. Vigueur et changements physiologiques chez le nouveau-né

##### III.A.1. Vigueur du nouveau-né

Les valeurs des traits physiques étudiés chez l'agneau D'man nouveau-né sont présentées dans le tableau 5. Les agneaux nés pendant l'hiver ont un périmètre thoracique plus important ( $P < 0,05$ ) par comparaison à leurs contemporains nés en automne. Cependant, la longueur cranio-caudale et le rapport surface corporelle/poids ne diffèrent pas significativement ( $P > 0,05$ ).

**Tableau 5:** Traits morphologiques des agneaux D'man élevés à la station de l'IRA, Chenchou, Tunisie.

		<b>Périmètre thoracique (cm)</b>	<b>Longueur cranio-caudale (cm)</b>	<b>Rapport surface corporelle/poids (cm<sup>2</sup>/kg)</b>
<b>Saison de naissance</b>	Hiver	34,4 <sup>a</sup> ± 0,4 (8)	39,6 ± 1,2 (8)	589,3 ± 16,3 (8)
	Automne	33,1 <sup>b</sup> ± 0,6 (20)	37,7 ± 0,7 (20)	577,3 ± 15,2 (20)
<b>P</b>		0,1550	0,2117	0,7024
<b>Taille de portée</b>	Simple	35,5 <sup>a</sup> ± 1,0 (4)	38,2 <sup>a</sup> ± 1,7 (4)	561,4 <sup>b</sup> ± 18,1 (4)
	Double	33,5 <sup>b</sup> ± 0,4 (18)	39,3 <sup>a</sup> ± 0,7 (18)	569,9 <sup>b</sup> ± 12,7 (18)
	Triple et Quadruple	31,8 <sup>c</sup> ± 1,1 (6)	35,3 <sup>b</sup> ± 1,3 (6)	626,2 <sup>a</sup> ± 34,0 (6)
	<b>P</b>	0,037	0,036	0,1119
<b>Sexe de l'agneau</b>	Mâle	33,6 ± 0,6 (14)	38,5 ± 0,8 (14)	560,7 <sup>b</sup> ± 14,8 (14)
	Femelle	33,2 ± 0,7 (14)	38,1 ± 1,1 (14)	600,8 <sup>a</sup> ± 17,1 (14)
<b>P</b>		0,5943	0,7563	0,0807
<b>Classe du poids de naissance</b>	Léger	30,2 <sup>c</sup> ± 0,2 (5)	34,4 <sup>c</sup> ± 1,0 (5)	670,3 <sup>a</sup> ± 12,4 (5)
	Médium	33,7 <sup>b</sup> ± 0,4 (18)	38,4 <sup>b</sup> ± 0,6 (18)	573,9 <sup>b</sup> ± 11,0 (18)
	Lourd	35,6 <sup>a</sup> ± 1,0 (5)	41,6 <sup>a</sup> ± 1,2 (5)	515,9 <sup>c</sup> ± 10,0 (5)
<b>P</b>		< 0,0001	0,0009	< 0,0001

Au niveau de chaque colonne, les valeurs avec les lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Les agneaux simples ont montré une supériorité ( $P < 0,05$ ) en termes du périmètre thoracique par comparaison aux doubles, triplets et quadruplets. Les agneaux simples et doubles ont une longueur cranio-caudale plus importante ( $P < 0,05$ ) par comparaison aux triplets et quadruplets. Cependant, le rapport surface corporelle/poids est plus important ( $P < 0,05$ ) chez les triplets et les quadruplets par comparaison aux jumeaux et simples. Il est de même plus élevé ( $P < 0,05$ ) chez les femelles par comparaison aux mâles.

Les agneaux de poids lourd ont une supériorité ( $P < 0,05$ ) en termes du périmètre thoracique et de longueur cranio-caudale par comparaison aux agneaux de poids médium et léger. Par contre, le rapport surface corporelle/poids est plus important ( $P < 0,05$ ) chez les agneaux de poids léger par comparaison aux agneaux de poids médium et lourd.

### III.A.2. Changements physiologiques après la naissance

L'évolution de la température rectale, des concentrations plasmatiques de glucose, de protéines, de cortisol, de cholestérol et de triglycérides chez les agneaux D'man pendant les trois premiers jours de vie est consignée dans le tableau 6.

La température rectale enregistrée à 1-12 h après la naissance est de 39,05 °C avec des fluctuations importantes (de 33,60 à 40,30 °C). Les concentrations plasmatiques de glucose, de protéines, de cortisol, de cholestérol et de triglycérides mesurées vers 1-12 h sont respectivement de 2,79 mmol/L, 62,30 g/L, 74,34 ng/mL, 1,29 mmol/L et 0,70 mmol/L. Une augmentation significative ( $P < 0,05$ ) de la température rectale et des concentrations plasmatiques de glucose, de protéines et de cholestérol a été observée entre 1-12 h et 48-60 h après la naissance. La concentration plasmatique de triglycérides a montré également une légère augmentation ( $P > 0,05$ ). Par contre, la concentration plasmatique du cortisol tend à diminuer mais d'une manière non significative ( $P > 0,05$ ).

**Tableau 6:** Evolution de la température rectale, des concentrations plasmatiques de glucose, de protéines, de cortisol, de cholestérol et de triglycérides pendant les 3 premiers jours de vie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP (Chenchou, Tunisie).

Heures après la naissance	Température rectale (°C)	Glucose (mmol/L)	Protéines (g/L)	Cortisol (ng/mL)	Cholestérol (mmol/L)	Triglycérides (mmol/L)
1-12 h	39,05 <sup>b</sup> ± 0,04 (312)	2,79 <sup>b</sup> ± 0,15 (93)	62,30 <sup>b</sup> ± 2,42 (79)	74,34 ± 10,55 (20)	1,29 <sup>b</sup> ± 0,13 (60)	0,70 ± 0,03 (49)
24-36 h	39,28 <sup>a</sup> ± 0,03 (281)	3,87 <sup>a</sup> ± 0,15 (91)	78,31 <sup>a</sup> ± 1,68 (78)	70,65 ± 7,5 (20)	1,36 <sup>b</sup> ± 0,09 (58)	0,74 ± 0,04 (54)
48-60 h	39,27 <sup>a</sup> ± 0,04 (210)	4,17 <sup>a</sup> ± 0,15 (80)	77,56 <sup>a</sup> ± 1,59 (76)	61,34 ± 9,32 (19)	1,59 <sup>a</sup> ± 0,10 (58)	0,81 ± 0,04 (52)

Au niveau de chaque colonne, les valeurs avec les lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

### III.A.3. Variation des paramètres physiologiques

#### III.A.3.1. Température rectale

Les variations de la température rectale chez les agneaux D'man selon l'année, la saison de mise-bas, le poids de naissance, la taille de portée, l'âge de la mère et le sexe sont présentées dans le tableau 7.

Les températures rectales enregistrées à 24-36 h et 48-60 h après la naissance en 2008 et 2009 sont plus importantes ( $P < 0,05$ ) par comparaison aux années 2010 et 2011. Indépendamment de l'année, la température rectale enregistrée à 24-36 h après la naissance est plus élevée ( $P < 0,05$ ) en automne qu'en été et en hiver. Les valeurs enregistrées à 48-60 h en automne et en été sont plus élevées ( $P < 0,05$ ) par comparaison à celles de l'hiver (tableau 7).

**Tableau 7:** Evolution de la température rectale ( $^{\circ}\text{C}$ ) selon l'année, la saison de naissance et le poids de naissance pendant les trois premiers jours de vie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP (Chenchou, Tunisie).

Facteurs		Heures après la naissance		
		1-12 h	24-36 h	48-60 h
Année	2008	39,08 $\pm$ 0,06 (129)	39,40 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04 (97)	39,48 <sup>a</sup> $\pm$ 0,06 (40)
	2009	39,07 $\pm$ 0,08 (88)	39,37 <sup>a</sup> $\pm$ 0,05 (85)	39,43 <sup>a</sup> $\pm$ 0,05 (76)
	2010	38,85 $\pm$ 0,06 (71)	39,08 <sup>b</sup> $\pm$ 0,06 (71)	39,09 <sup>b</sup> $\pm$ 0,08 (67)
	2011	39,04 $\pm$ 0,08 (24)	39,09 <sup>b</sup> $\pm$ 0,09 (28)	38,94 <sup>b</sup> $\pm$ 0,09 (27)
Statistiques	Valeur de F	1,05	8,30	7,36
	Signification	0,37	< 0,0001	0,0008
Saison de naissance	Hiver	39,11 $\pm$ 0,07 (115)	39,17 <sup>c</sup> $\pm$ 0,05 (119)	39,12 <sup>b</sup> $\pm$ 0,06 (108)
	Eté	39,06 $\pm$ 0,05 (151)	39,32 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04 (117)	39,39 <sup>a</sup> $\pm$ 0,06 (62)
	Automne	38,89 $\pm$ 0,1 (46)	39,49 <sup>a</sup> $\pm$ 0,05 (45)	39,48 <sup>a</sup> $\pm$ 0,06 (40)
Statistiques	Valeur de F	0,00	2,67	2,67
	Signification	0,95	0,01	0,01
Classe du poids de naissance	Léger	38,62 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1 (61)	39,11 <sup>c</sup> $\pm$ 0,09 (49)	39,10 <sup>b</sup> $\pm$ 0,13 (38)
	Médium	39,13 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04 (208)	39,28 <sup>b</sup> $\pm$ 0,03 (190)	39,25 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04 (138)
	Lourd	39,28 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08 (43)	39,48 <sup>a</sup> $\pm$ 0,05 (41)	39,51 <sup>a</sup> $\pm$ 0,07 (34)
Statistiques	Valeur de F	5,55	2,14	2,35
	Signification	0,004	0,03	0,024

Au niveau de chaque colonne, les valeurs avec les lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Douze heures après la naissance, les agneaux de poids lourd ou médium ont une température rectale plus élevée ( $P < 0,05$ ) comparés aux agneaux de poids léger. Aux âges de 24-36 h et 48-60 h, la température rectale chez les agneaux de poids lourd est plus élevée ( $P < 0,05$ ) que celles chez les agneaux de poids médium et léger (tableau 7). La température rectale est également fonction du rapport surface corporelle/poids de naissance. Les agneaux légers ayant un rapport surface corporelle/poids de naissance élevé (670  $\text{cm}^2/\text{kg}$ ) et se caractérisent

par des faibles températures rectales (37,7 °C) par comparaison à ceux de poids médium (39,2 °C) et lourd (39,3 °C).

La variation de la température rectale selon la taille de portée, l'âge de la brebis et le sexe est présentée dans le tableau 8.

**Tableau 8:** Evolution de la température rectale (°C) selon la taille de portée, l'âge de la brebis et le sexe au cours des trois premiers jours de vie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP (Chenchou).

Facteurs		Heures après la naissance		
		1-12 h	24-36 h	48-60 h
Taille de portée	Simple	39,01 <sup>ab</sup> ± 0,16 (22)	39,62 <sup>a</sup> ± 0,05 (21)	39,59 <sup>a</sup> ± 0,07 (16)
	Double	39,23 <sup>a</sup> ± 0,04 (143)	39,42 <sup>a</sup> ± 0,03 (132)	39,45 <sup>a</sup> ± 0,03 (104)
	Triple	38,96 <sup>ab</sup> ± 0,07 (103)	39,15 <sup>b</sup> ± 0,05 (90)	39,09 <sup>b</sup> ± 0,09 (60)
	Quadruple	38,79 <sup>b</sup> ± 0,14 (34)	39,08 <sup>b</sup> ± 0,09 (28)	38,96 <sup>b</sup> ± 0,12 (21)
	Quintuple	38,35 <sup>c</sup> ± 0,36 (10)	38,49 <sup>c</sup> ± 0,20 (10)	38,53 <sup>c</sup> ± 0,20 (9)
Statistiques	Valeur de F	3,13	8,95	5,69
	Signification	0,015	< 0,0001	0,0002
Âge de la brebis	< 2 ans	38,89 <sup>b</sup> ± 0,1 (46)	39,49 <sup>a</sup> ± 0,05 (45)	39,48 <sup>a</sup> ± 0,06 (40)
	2 - 3 ans	39,05 <sup>ab</sup> ± 0,08 (96)	39,20 <sup>b</sup> ± 0,05 (95)	39,19 <sup>b</sup> ± 0,07 (66)
	3 - 4 ans	39,19 <sup>a</sup> ± 0,07 (89)	39,26 <sup>b</sup> ± 0,06 (58)	39,29 <sup>b</sup> ± 0,07 (50)
	4 - 5 ans	39,00 <sup>ab</sup> ± 0,06 (81)	39,28 <sup>b</sup> ± 0,05 (83)	39,28 <sup>b</sup> ± 0,06 (54)
Statistiques	Valeur de F	2,12	5,10	2,99
	Signification	0,05	0,0067	0,04
Sexe	Mâle	39,09 ± 0,05 (152)	39,30 ± 0,04 (139)	39,31 ± 0,06 (101)
	Femelle	39,03 ± 0,06 (159)	39,27 ± 0,04 (141)	39,23 ± 0,05 (108)
Statistiques	Valeur de F	0,18	0,21	1,55
	Signification	0,67	0,64	0,21

Au niveau de chaque colonne, les valeurs avec les lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

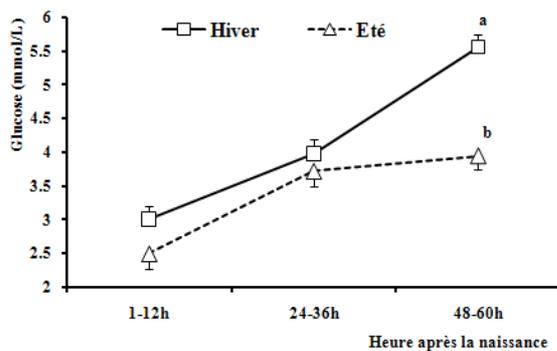
Les agneaux doubles ont une valeur de température rectale plus élevée ( $P < 0,05$ ) à 1-12 h après la naissance par comparaison aux quadruplets et quintuplés. De même, les simples et les doubles ont des valeurs plus élevées ( $P < 0,05$ ) de la température rectale à 24-36 h et 48-60 h par comparaison aux quadruplets et quintuplés.

Les agneaux nés de brebis âgées de 3 à 4 ans ont une température rectale plus élevée ( $P < 0,05$ ) à 1-12 h après la naissance par comparaison aux agneaux nés de jeunes brebis (< 2

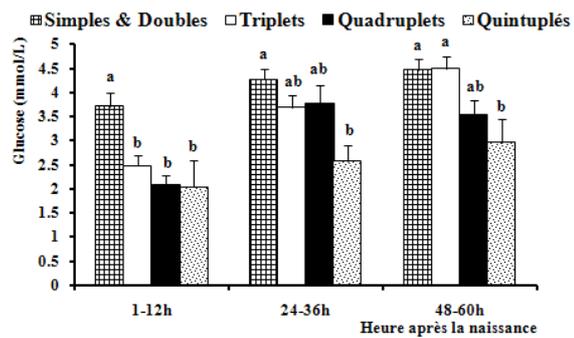
an). L'état s'inverse ( $P < 0,05$ ) à 24-36 h et 48-60 h. Aucun effet significatif ( $P > 0,05$ ) du sexe n'a été observé (tableau 8).

### III.A.3.2. Glycémie

Selon la figure 8, la glycémie à 48-60 h après la naissance est plus élevée en hiver qu'en été ( $5,6 \pm 0,2$  vs  $3,6 \pm 0,2$  mmol/L;  $P < 0,05$ ). Indépendamment de la saison, elle est plus élevée chez les agneaux simples et doubles à 1-12 h ( $3,7 \pm 0,3$  mmol/L;  $P < 0,05$ ) par comparaison aux triplets ( $2,5 \pm 0,3$  mmol/L), quadruplets ( $2,1 \pm 0,2$  mmol/L) et quintuplés ( $2,0 \pm 0,6$  mmol/L). A 24-36 h, les concentrations plasmatiques de glucose sont plus élevées ( $P < 0,05$ ) chez les simples et les doubles ( $4,3 \pm 0,2$  mmol/L), les triplets ( $3,7 \pm 0,3$  mmol/L) et les quadruplets ( $3,8 \pm 0,4$  mmol/L) par comparaison aux quintuplés ( $2,6 \pm 0,4$  mmol/L). Cette différence se conserve à 48-60 h (figure 9).

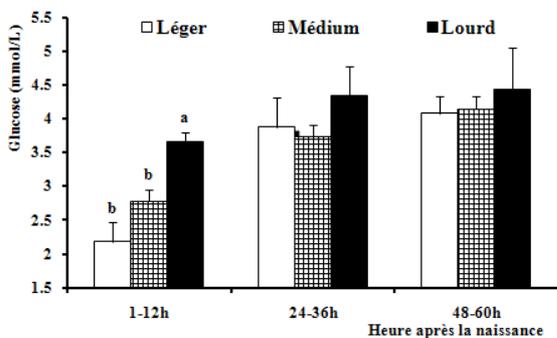


**Figure 8:** Evolution de la concentration plasmatique de glucose selon la saison de naissance chez les agneaux D'man.

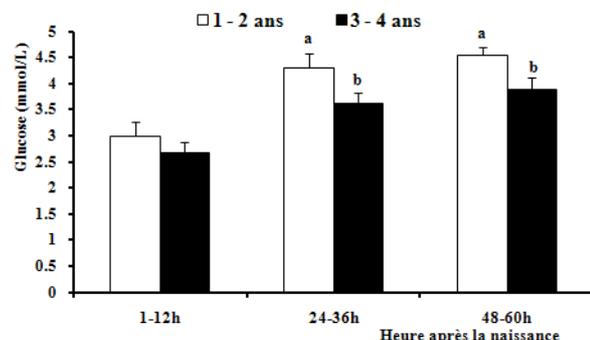


**Figure 9:** Evolution de la concentration plasmatique de glucose selon la taille de portée chez les agneaux D'man.

Les agneaux ayant un poids lourd ont une concentration plasmatique de glucose plus élevée à 1-12 h ( $3,7 \pm 0,2$  mmol/L;  $P < 0,05$ ) comparés aux agneaux de poids médium ( $2,8 \pm 0,2$  mmol/L) et léger ( $2,2 \pm 0,3$  mmol/L) (figure 10).



**Figure 10:** Evolution de la concentration plasmatique de glucose selon le poids de naissance chez les agneaux D'man.

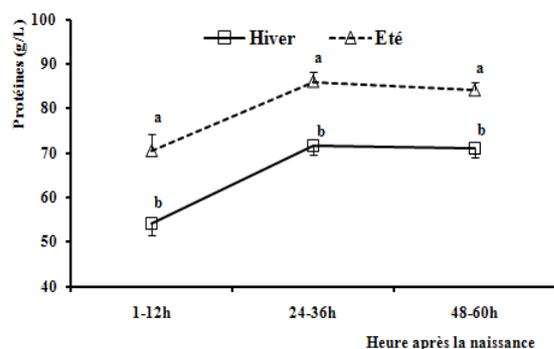


**Figure 11:** Evolution de la concentration plasmatique de glucose selon l'âge de la mère chez les agneaux D'man.

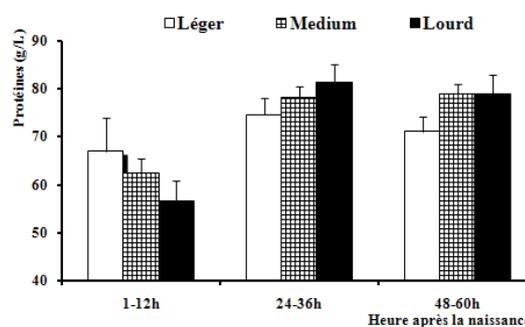
Selon la figure 11, les agneaux nés de jeunes brebis (1-2 ans) ont des concentrations plasmatiques de glucose plus élevées à 24-36 h et à 48-60 h ( $4,3 \pm 0,3$ ;  $4,6 \pm 0,2$  mmol/L;  $P < 0,05$ ) par comparaison aux agneaux nés de brebis âgées de 3 à 4 ans ( $3,7 \pm 0,2$ ;  $3,9 \pm 0,2$  mmol/L).

### III.A.3.3. Protéines plasmatiques

Quel que soit leur âge, les agneaux nés en été ont des concentrations plasmatiques de protéines plus élevées ( $70,6 \pm 3,7$ ;  $86,1 \pm 2,2$  et  $84,1 \pm 1,9$  g/L) que ceux nés en hiver ( $54,22 \pm 2,5$ ;  $71,7 \pm 2,0$  et  $71,0 \pm 2,0$  g/L) (figure 12).

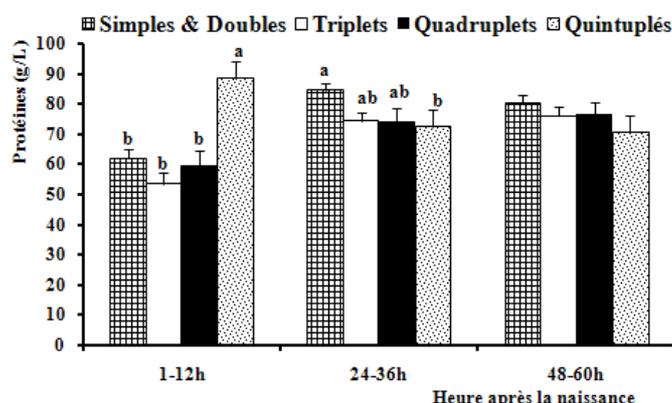


**Figure 12:** Evolution de la concentration plasmatique de protéines selon la saison de naissance chez les agneaux D'man.



**Figure 13:** Evolution de la concentration plasmatique de protéines selon le poids de naissance chez les agneaux D'man.

Aucun effet significatif n'a été observé selon le poids de naissance des agneaux (figure 13).



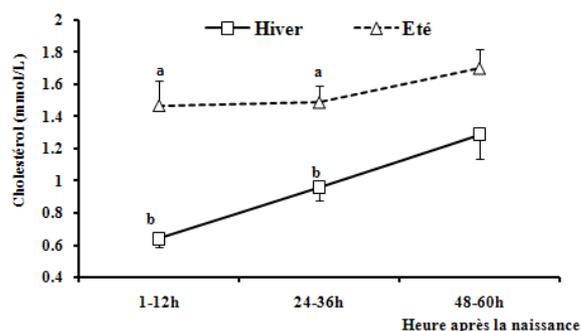
**Figure 14:** Evolution de la concentration plasmatique de protéines selon la taille de portée chez les agneaux D'man.

A 1-12 h après la naissance, les quintuplés ont une concentration plasmatique des protéines plus élevée ( $88,4 \pm 12,9$  g/L;  $P < 0,05$ ) que les simples et doubles ( $62,1 \pm 3,2$  g/L), triplets ( $53,6 \pm 3,4$  g/L) et quadruplets ( $59,5 \pm 5,0$  g/L). Cependant, à 24-36 h ils ont une

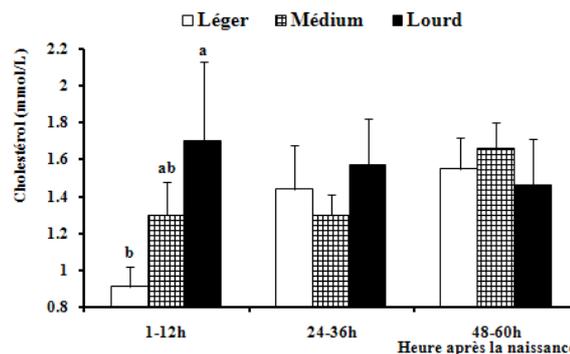
valeur plus faible ( $72,5 \pm 4,1$  g/L;  $P < 0,05$ ) que les simples et les doubles ( $84,6 \pm 2,5$  g/L) (figure 14).

### III.A.3.4. Cholestérol plasmatique

La figure 15 montre que les agneaux nés en été ont une cholestérolémie plus élevée ( $P < 0,05$ ) à 1-12 h ( $1,5 \pm 0,2$  mmol/L) et à 24-36 h ( $1,5 \pm 0,1$  mmol/L) par comparaison aux agneaux nés en hiver ( $0,6 \pm 0,1$ ;  $1,0 \pm 0,1$  mmol/L, respectivement).

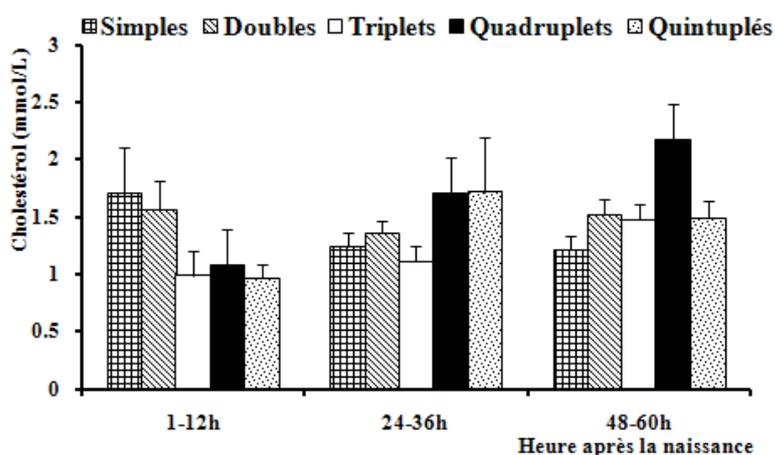


**Figure 15:** Evolution de la concentration plasmatique de cholestérol selon la saison de naissance chez les agneaux D'man.



**Figure 16:** Evolution de la concentration plasmatique de cholestérol selon le poids de naissance chez les agneaux D'man.

Les agneaux de poids lourd ont une cholestérolémie plus élevée à 1-12 h ( $1,7 \pm 0,4$  mmol/L;  $P < 0,05$ ) par comparaison aux agneaux de poids léger ( $0,9 \pm 0,1$  mmol/L) (figure 16).



**Figure 17:** Evolution de la concentration plasmatique de cholestérol selon la taille de portée chez les agneaux D'man.

Les valeurs moyennes de la cholestérolémie ne montrent pas des différences significatives selon la taille de portée. De même, les agneaux qui ont survécu et ceux morts ont des valeurs comparables (figure 17).

### III.A.3.5. Triglycérides plasmatiques

Les agneaux naissant pendant l'été ont des concentrations plasmatiques de triglycérides plus élevées ( $P < 0,05$ ) à 24-36 h ( $0,8 \pm 0,05$  mmol/L) et à 48-60 h ( $0,9 \pm 0,06$  mmol/L) par comparaison à ceux nés en hiver ( $0,5 \pm 0,05$ ;  $0,6 \pm 0,06$  mmol/L, respectivement) (figure 18).

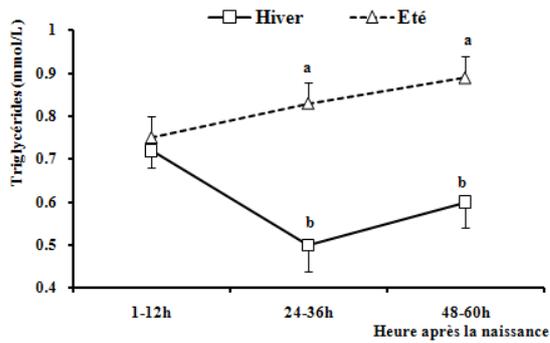


Figure 18: Evolution de la concentration plasmatique de triglycérides D'man selon la saison de naissance chez les agneaux.

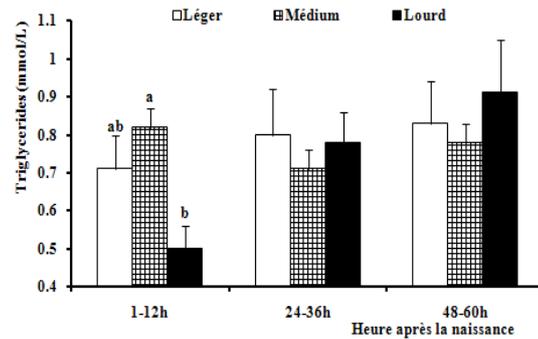


Figure 19: Evolution de la concentration plasmatique de triglycérides selon le poids de naissance chez les agneaux D'man.

Les agneaux de poids médium possèdent une concentration plasmatique de triglycérides plus élevée ( $P < 0,05$ ) à 1-12 h ( $0,8 \pm 0,05$  mmol/L) par comparaison aux agneaux de poids lourd ( $0,5 \pm 0,06$  mmol/L). Ces différences disparaissent à 24-36 h et 48-60 h (figure 19).

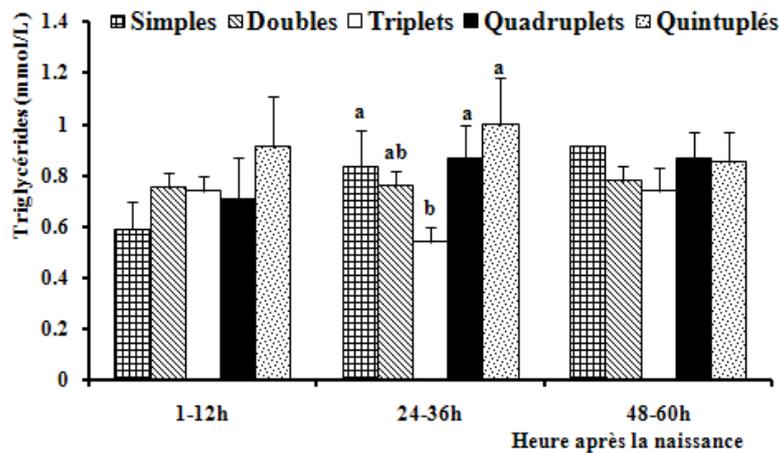


Figure 20: Evolution de la concentration plasmatique de triglycérides selon la taille de portée chez les agneaux D'man.

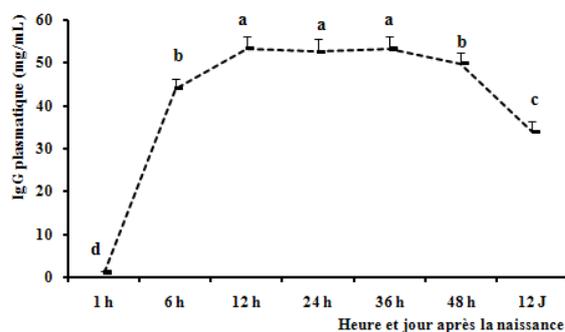
Selon la figure 20, les agneaux simples, les quadruplets et les quintuplés ont des concentrations plasmatiques de triglycérides plus élevées ( $P < 0,05$ ) à 24-36 h ( $0,8 \pm 0,15$ ;  $0,9 \pm 0,1$ ;  $1,0 \pm 0,2$  mmol/L) par comparaison aux triplets ( $0,5 \pm 0,06$  mmol/L), alors que les

doubles ont une valeur intermédiaire. Aucune différence significative de la concentration plasmatique de triglycérides n'a été observée à 1-12 h et 48-60 h selon la taille de portée.

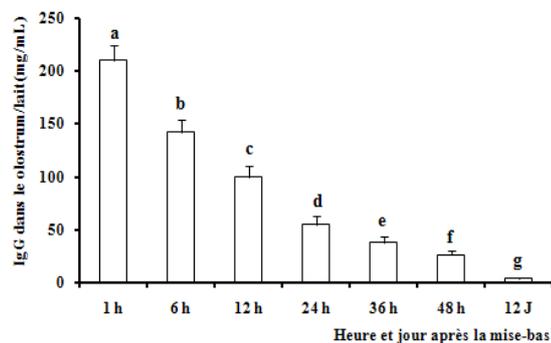
### III.B. Estimation des immunoglobulines G et facteurs de variation

#### III.B.1. Absorption des IgG chez le nouveau-né

La concentration plasmatique des IgG chez les agneaux augmente significativement ( $P < 0,05$ ) entre 1 h ( $1,19 \pm 0,35$  mg/mL) et 12 h ( $53,37 \pm 2,77$  mg/mL), puis amorce un plateau avant de décliner légèrement à 48 h puis à 12 jours (figure 21).



**Figure 21:** Evolution de la concentration plasmatique des IgG chez les agneaux D'man.



**Figure 22:** Evolution de la concentration des IgG dans le colostrum chez les brebis D'man.

La concentration des IgG dans le colostrum est plus importante à 1 h après la naissance ( $210,53 \pm 13,42$  mg/mL;  $P < 0,05$ ) par rapport aux autres heures de mesure. Cette valeur a diminué ( $P < 0,05$ ) de 32%, 53%, 74%, 82% et 87%, respectivement à 6 h, 12 h, 24 h, 36 h et 48 h après la naissance. La valeur mesurée dans le lait après 12 jours est la plus faible ( $3,93 \pm 0,84$  mg/ml;  $P < 0,05$ ) par rapport aux temps précédents, elle représente environ 2% de la concentration observée à 1 h de la mise-bas (figure 22).

#### III.B.2. Variation de la concentration des IgG

##### III.B.2.1. Variation des IgG chez les agneaux

Compte tenu de la situation des effectifs limités, nous avons étudié la concentration des IgG selon l'effet de deux facteurs combinés (saison et parité) puisque l'étude de chaque facteur à part n'a été pas possible. Selon une comparaison préliminaire, les agneaux issus des multipares en automne tendent à avoir des concentrations plasmatiques en IgG plus élevées comparés aux agneaux naissant en hiver chez des primipares. Cette supériorité est plus nette ( $P < 0,05$ ) à 36 h après la naissance ( $57,8 \pm 2,4$  mg/mL vs  $42,7 \pm 6,3$  mg/mL) (figure 23).

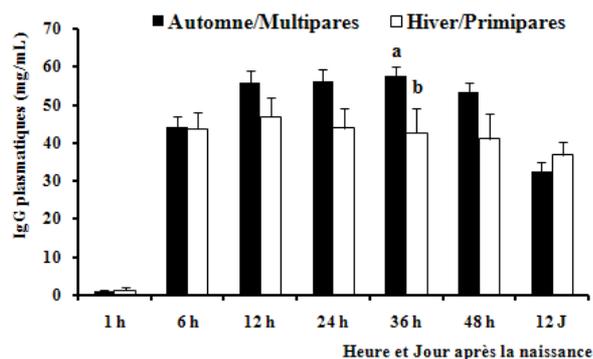


Figure 23: Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la saison × parité chez les agneaux D'man.

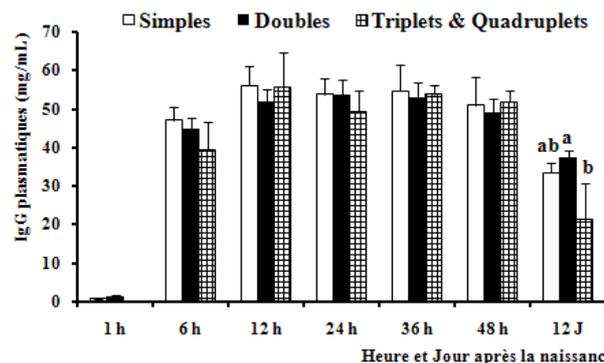


Figure 24: Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la taille de portée chez les agneaux D'man.

Les concentrations plasmatiques des IgG estimées après 12 jours chez les simples ( $33,3 \pm 2,8$  mg/mL) et doubles ( $37,5 \pm 1,9$  mg/mL) sont plus élevées ( $P < 0,05$ ) par comparaison aux triplets et quadruplets ( $21,5 \pm 9,4$  mg/mL) (figure 24). De même, cette valeur est plus importante ( $P < 0,05$ ) chez les agneaux de poids lourd ( $34,9 \pm 3,7$  mg/mL) ou médium ( $37,9 \pm 1,9$  mg/mL) par comparaison aux agneaux de poids léger ( $14,9 \pm 7,9$  mg/mL) (figure 25).

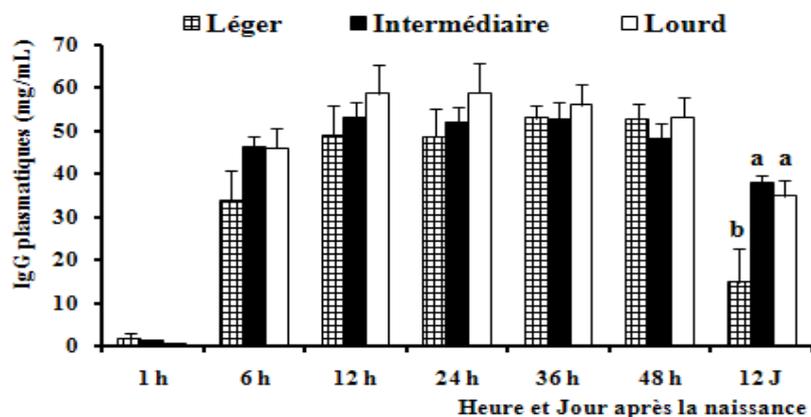


Figure 25: Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon le poids de naissance chez les agneaux D'man.

### III.B.2.2. Variation des IgG chez les brebis

La concentration plasmatique des IgG a diminué ( $P < 0,05$ ) chez les brebis entre une semaine avant ( $38,72 \pm 2,90$  mg/mL) et 1 h après la mise-bas ( $30,71 \pm 3$  mg/mL). Des faibles variations ( $P > 0,05$ ) ont été observées par la suite entre 1 h et 12 jours après la mise-bas (figure 26).

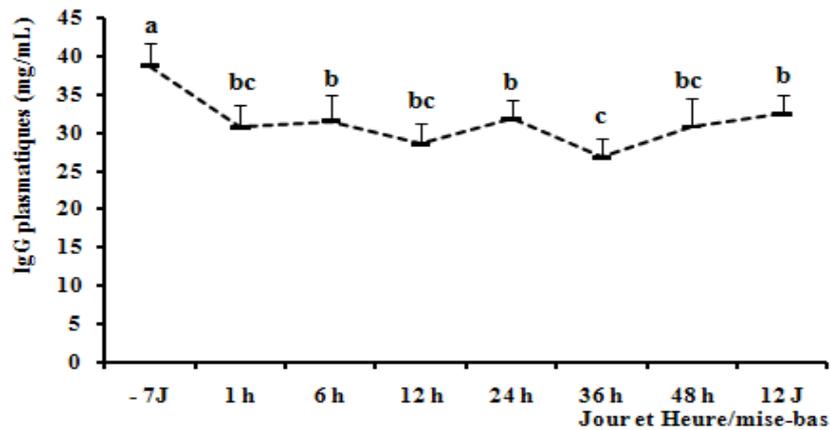


Figure 26: Evolution de la concentration plasmatique des IgG chez les brebis D'man.

D'après la figure 27, les concentrations plasmatiques des IgG mesurées entre une semaine avant et 48 h après la mise-bas sont plus élevées ( $P < 0,05$ ) chez les brebis primipares en hiver par comparaison aux valeurs observées chez des multipares en automne. Malheureusement, cette comparaison n'est que préliminaire puisqu'elle s'est basée sur un effectif réduit et la combinaison de deux facteurs (parité et saison).

Globalement, les brebis de portée double ont des taux des IgG plasmatiques plus élevés une semaine avant, à 1 h, 6 h et à 12 h après la mise-bas par comparaison aux brebis de portées triples ou quadruples. Les brebis de portées simples ont des valeurs intermédiaires (figure 28).

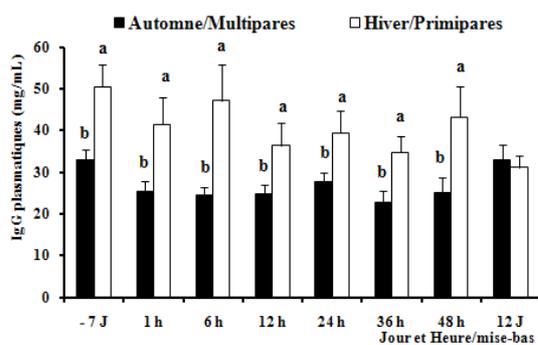


Figure 27: Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la saison x parité chez les brebis D'man.

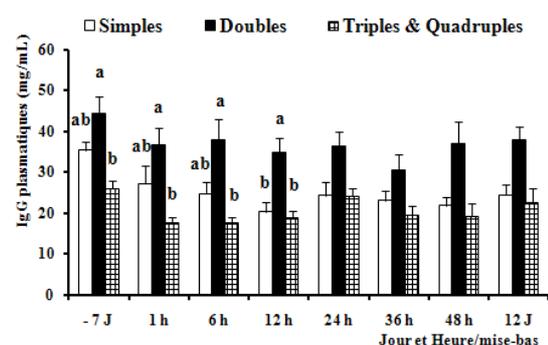


Figure 28: Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la taille de portée chez les brebis D'man.

Les brebis multipares et qui ont mis bas en automne ont des concentrations des IgG dans le colostrum plus ou moins élevées comparées aux primipares mettant bas en hiver. Les différences sont significatives à 1 h (236,8 vs 155,1 mg/mL;  $P < 0,05$ ) et à 6 h après la mise-bas (173,9 vs 86,5 mg/mL;  $P < 0,05$ ) (figure 29).

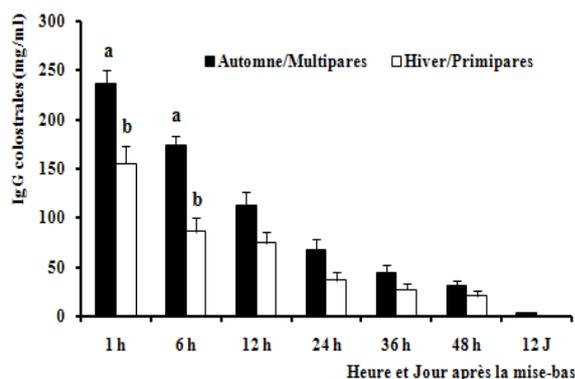


Figure 29: Evolution des IgG dans le colostrum selon la saison × parité chez les brebis D’man.

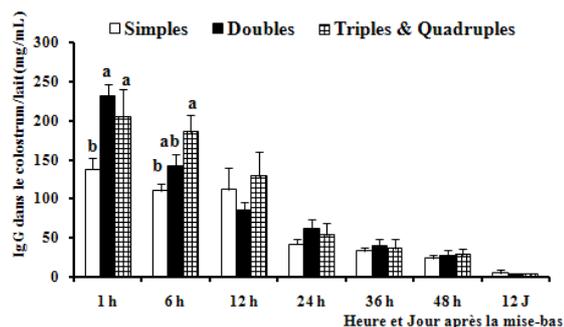


Figure 30: Evolution des IgG dans le colostrum selon la taille de portée chez les brebis D’man.

Les concentrations des IgG dans le colostrum estimées à 1 h après la mise-bas chez des brebis ayant des doubles ( $232 \pm 15,2$  mg/mL), des triplets et des quadruplets ( $204,3 \pm 36,1$  mg/mL) sont plus élevées ( $P < 0,05$ ) par comparaison aux valeurs estimées chez des brebis ayant des simples ( $138,2 \pm 14,5$  mg/mL). Une supériorité de la concentration des IgG dans le colostrum a été observée également à 6 h après la mise-bas entre les brebis ayant des triplets et quadruplets ( $185,8 \pm 22,4$  mg/mL) d’une part et les brebis ayant des simples ( $110,3 \pm 9,7$  mg/mL) d’autre part (figure 30).

### III.C. Relations entre les paramètres étudiés, la survie et la croissance des agneaux

#### III.C.1. Relation avec la survie

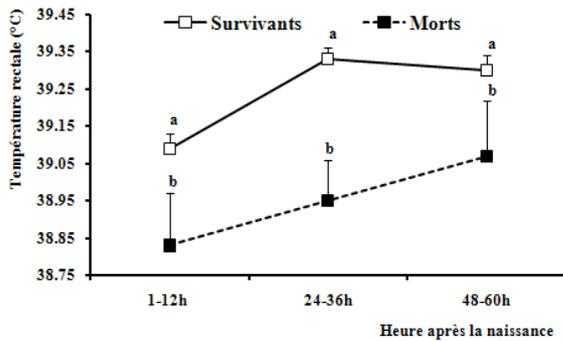
Il est important de préciser que les agneaux suivis dans ce chapitre se caractérisent par des vitesses de croissance journalière  $GMQ_{0-10}$  et  $GMQ_{10-30}$  respectivement égales à  $156 \pm 4$  g et  $121 \pm 5$  g. Parmi 360 agneaux étudiés, 49 agneaux sont morts avant l’âge d’un mois, soit un taux de mortalité égal à 13,6%. Les agneaux morts ont un poids à la naissance ( $2,1 \pm 0,13$  kg) et des  $GMQ_{0-10}$  et  $GMQ_{10-30}$  ( $69,5 \pm 17$  g/j et  $72,5 \pm 28$  g/j) plus faibles ( $P < 0,05$ ) par comparaison aux survivants ( $2,8 \pm 0,1$  kg;  $133 \pm 6$  g/j et  $137 \pm 7$  g/j, respectivement). Ils ont également un rapport surface corporelle/poids de naissance plus élevé ( $P < 0,05$ ) (tableau 9).

Tableau 9: Variation de traits morphométriques selon la survie chez les agneaux D’man élevés à la station expérimentale de l’IRA (Chenchou, Tunisie).

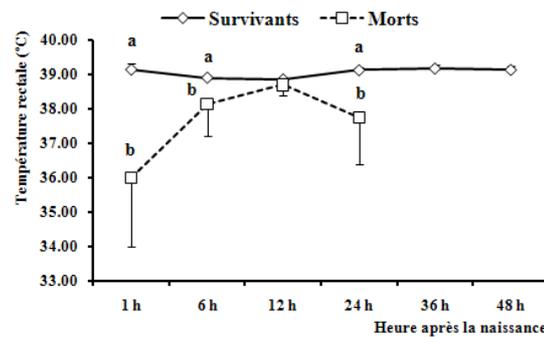
	Périmètre thoracique (cm)	Longueur cranio-caudale (cm)	Surface corporelle/poids (cm <sup>2</sup> /kg)
Survivants	$33,6 \pm 0,4$ (26)	$38,6^a \pm 0,6$ (26)	$573,9^b \pm 11,4$ (26)
Morts	$31,5 \pm 1,5$ (2)	$34,0^b \pm 1,0$ (2)	$670,4^a \pm 37,9$ (2)
P	0,2059	0,0589	0,0275

Au niveau de chaque colonne, les valeurs avec les lettres différentes sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Les agneaux survivants ont des températures rectales à 1-12 h ( $39,01 \pm 0,04$  °C), 24-36 h ( $39,4 \pm 0,03$  °C) et 48-60 h ( $39,3 \pm 0,04$  °C) plus élevées ( $P < 0,05$ ) que ceux qui sont morts entre 3 et 30 jours ( $38,8 \pm 0,1$  °C;  $38,9 \pm 0,1$  °C;  $39,0 \pm 0,2$  °C) (figure 31). Les agneaux morts se caractérisent par une variabilité importante de la température rectale à 1-12 h (de  $37,5$  à  $39,7$  °C), 24-36 h (de  $37,3$  à  $39,7$  °C) et 48-60 h (de  $36,6$  à  $39,7$  °C).



**Figure 31:** Evolution de la température rectale selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP.

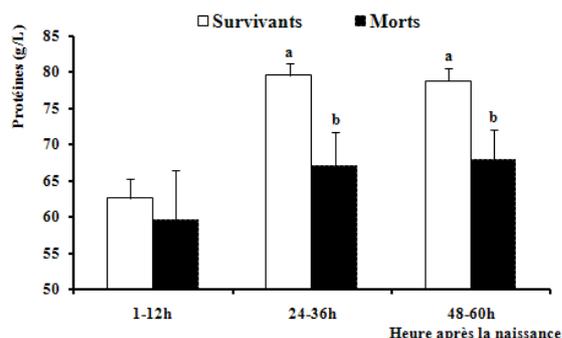


**Figure 32:** Evolution de la température rectale selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la station Expérimentale de l'IRA.

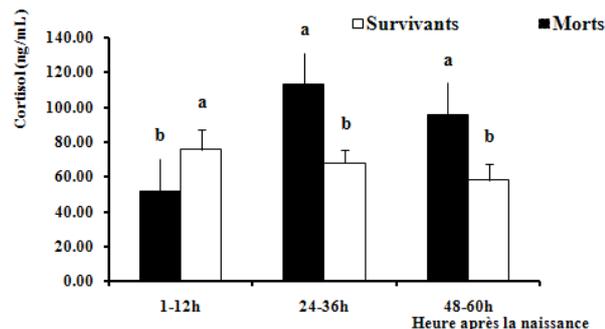
Le suivi de la température rectale à des moments précis après la naissance a permis de remarquer que les agneaux qui meurent avant 3 jours d'âge ont des valeurs plus faibles ( $P < 0,05$ ) à 1 h ( $36,0 \pm 2,0$  °C), 6 h ( $38,1 \pm 0,1$  °C) et 24 h après la naissance ( $37,8 \pm 1,4$  °C) par comparaison aux survivants ( $39,2 \pm 0,4$ ;  $38,9 \pm 0,1$  et  $39,1 \pm 0,1$  °C) (figure 32). De même, les agneaux morts se caractérisent par une variabilité importante de la température rectale à 1 h (de  $34$  à  $38$  °C), 6 h (de  $37,2$  à  $39,1$  °C) et 24 h (de  $36,4$  à  $39,1$  °C).

Les concentrations plasmatiques de glucose mesurées chez les survivants à 1-12 h, 24-36 h et 48-60 h après la naissance ( $2,8 \pm 0,2$ ;  $3,9 \pm 0,2$  et  $4,2 \pm 0,2$  mmol/L) sont comparables ( $P > 0,05$ ) à celles ( $2,7 \pm 0,5$ ;  $3,5 \pm 0,2$  et  $3,9 \pm 0,2$  mmol/L) des agneaux qui sont morts entre l'âge de 3 et 30 jours. Cependant, le taux de glycémie des agneaux morts entre l'âge de 3 et 30 jours a montré une variabilité importante à 1-12 h (de  $0,6$  à  $5,7$  mmol/L), 24-36 h (de  $1,4$  à  $6,7$  mmol/L) et 48-60 h (de  $1,1$  à  $5,6$  mmol/L).

Les agneaux survivants ont des concentrations plasmatiques de protéines à 24-36 h et 48-60 h après la naissance plus élevées ( $79,6 \pm 1,7$  g/L;  $78,8 \pm 1,7$  g/L;  $P < 0,05$ ) par comparaison aux agneaux morts entre l'âge de 3 et 30 jours ( $67,1 \pm 4,6$  g/L;  $67,9 \pm 4,1$  g/L). Les agneaux morts entre l'âge de 3 et 30 jours se distinguent par une variabilité importante de la concentration plasmatique de protéines à 1-12 h ( $37$  à  $96$  g/L), 24-36 h (de  $42,6$  à  $82,6$  g/L) et 48-60 h (de  $46,5$  à  $86,5$  mmol/L) (figure 33).



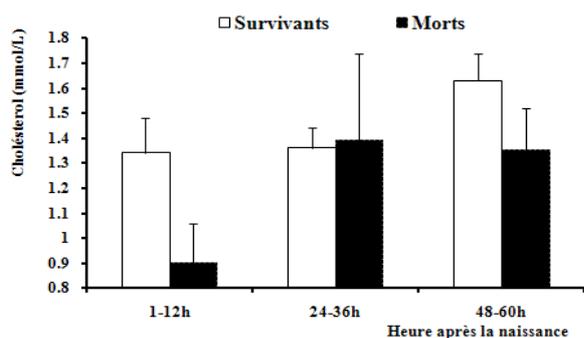
**Figure 33:** Evolution de la concentration plasmatique de protéines selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP.



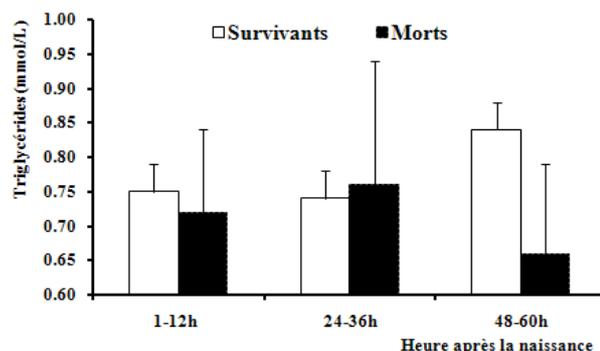
**Figure 34:** Evolution de la concentration plasmatique de cortisol selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP.

La concentration plasmatique du cortisol mesurée chez les survivants à 1-12 h après la naissance est plus élevée ( $75,8 \pm 11,2$  ng/mL;  $P < 0,05$ ) que celle ( $52,0 \pm 17,7$  ng/mL) mesurée chez les agneaux qui sont morts entre l'âge de 3 et 30 jours. Le phénomène s'inverse par la suite et les agneaux morts entre l'âge de 3 et 30 jours ont une cortisolémie plus importante à 24-36 h et 48-60 h ( $113,3 \pm 20,6$  ng/mL;  $96,0 \pm 18,0$  ng/mL;  $P < 0,05$ ) que celle des survivants ( $68,3 \pm 7,5$  ng/mL;  $58,2 \pm 9,6$  ng/mL) (figure 34).

Les concentrations plasmatiques de cholestérol et de triglycérides ne diffèrent pas significativement entre les agneaux survivants et ceux morts entre 3 et 30 jours (figures 35 et 36). Néanmoins, une variabilité importante de la concentration plasmatique de cholestérol et de triglycérides a été observée à 1-12 h (48% et 45%), 24-36 h (70% et 68%) et 48-60 h (35% et 55%) chez les agneaux morts entre l'âge de 3 et 30 jours.

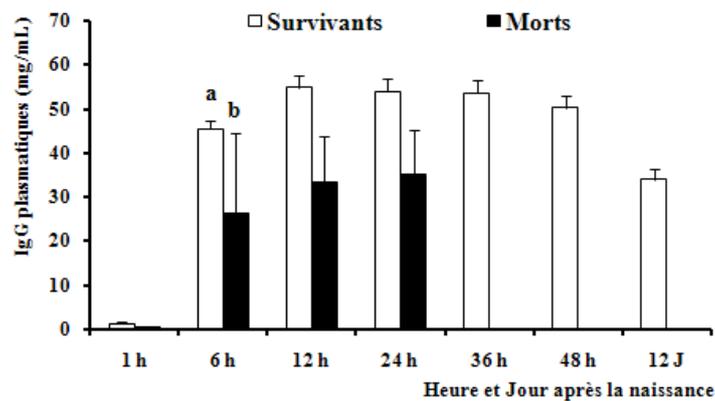


**Figure 35:** Evolution de la concentration plasmatique de cholestérol selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP.



**Figure 36:** Evolution de la concentration plasmatique de triglycérides selon la survie chez les agneaux D'man élevés à la ferme de l'OEP.

Les concentrations plasmatiques des IgG mesurées à 6 h après la naissance sont plus élevées chez les survivants ( $45,5 \pm 2,0$  mg/mL;  $P < 0,05$ ) par comparaison aux agneaux qui sont morts entre l'âge de 3 et 30 jours ( $26,3 \pm 18,2$  mg/mL). Une variabilité importante de ce paramètre a été remarquée à 6 h (de 8 à 44,5 mg/mL), 12 h (de 23 à 44 mg/mL) et 24 h (de 25 à 45 mg/mL) chez les agneaux morts (figure 37).



**Figure 37:** Evolution de la concentration plasmatique des IgG selon la survie à 3 jours chez les agneaux D'man élevés à la station Expérimentale de l'IRA.

### III.C.2. Relation avec la croissance

Le coefficient de corrélation a été calculé entre les paramètres physiologiques et les performances de croissance. Le poids à la naissance est positivement lié à la température rectale, et aux concentrations plasmatiques de glucose et de cortisol à 1-12 h après la naissance ( $r = 0,31$ ;  $P = 0,002$ ;  $r = 0,35$ ;  $P = 0,007$  et  $r = 0,43$ ;  $P = 0,001$ , respectivement).

Le GMQ<sub>0-10</sub> est positivement lié: 1) aux concentrations plasmatiques de glucose à 1-12 h, 24-36 h et 48-60 h après la naissance ( $r = 0,26$ ;  $P = 0,02$ ;  $r = 0,22$ ;  $P = 0,038$  et  $r = 0,35$ ;  $P = 0,001$ , respectivement): 2) aux concentrations plasmatiques des IgG à 6 h ( $r = 0,4$ ;  $P = 0,04$ ), à 12 h ( $r = 0,5$ ;  $P = 0,01$ ), à 24 h ( $r = 0,5$ ;  $P = 0,01$ ), à 36 h ( $r = 0,5$ ;  $P = 0,006$ ) et à 48 h ( $r = 0,4$ ;  $P = 0,05$ ): 3) à la concentration plasmatique du cholestérol à 1-12 h ( $r = 0,47$ ;  $P = 0,003$ ) et aux valeurs de la température rectale à 24-36 h et 48-60 h ( $r = 0,38$ ;  $P < 0,001$  et  $r = 0,37$ ;  $P = 0,003$ , respectivement).

Le GMQ<sub>10-30</sub> est positivement lié aux concentrations plasmatiques de glucose et de cholestérol à 1-12h après la naissance ( $r = 0,38$ ;  $P = 0,01$ ;  $r = 0,51$ ;  $P = 0,05$ ).

Les GMQ<sub>0-10</sub> et GMQ<sub>10-30</sub> sont négativement liés aux concentrations plasmatiques de cortisol à 24-36 h ( $r = - 0,39$ ;  $P = 0,03$ ;  $r = - 0,22$ ;  $P = 0,05$ , respectivement) et à 48-60 h après la naissance ( $r = - 0,46$ ;  $P = 0,03$ ;  $r = - 0,52$ ;  $P = 0,02$ , respectivement).

## IV. Discussion

La survie du nouveau-né peut être appréciée par des critères simples comme un poids de naissance normal, le maintien de la température corporelle, l'expression du comportement néonatal vigoureux et l'établissement de liens mère-jeune. Ces éléments traduisent un état physiologique satisfaisant permettant à l'agneau de s'adapter à sa nouvelle vie. Les

changements physiologiques après la naissance ont été étudiés en relation avec la survie et la croissance chez les agneaux D'man.

#### **IV.1. Changements physiologiques chez le nouveau-né**

L'évolution de la température rectale, des concentrations plasmatiques des métabolites et l'absorption des IgG à travers le colostrum maternel ont été étudiées pendant les trois premiers jours de vie chez les agneaux D'man.

##### **IV.1.1. Température rectale**

La valeur moyenne de la température rectale enregistrée à 1-12 h après la naissance est de 39,05 °C avec des fluctuations importantes. Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de cette variabilité, en l'occurrence les variations saisonnières de la température ambiante (de 9 à 37 °C) et les différences individuelles entre les agneaux. L'enregistrement de la température rectale sur un grand intervalle après la naissance pose éventuellement une source de variation, il était en effet impossible de standardiser l'intervention néonatale pour les naissances de nuit (1-12 heure).

Par ailleurs, la transition d'une vie intra-utérine thermostable et protégée vers une vie exposée aux conditions imprévisibles de l'environnement augmente la variation de la température rectale. Cette variation est plus importante pendant l'hiver lorsque la température ambiante (15 °C) chute au dessous de la valeur critique inférieure (de 20 à 30 °C) définie chez l'agneau nouveau-né (Webster, 1994; Wassmuth et al., 2001).

Des fluctuations importantes de la température rectale après la naissance ont été observées chez les agneaux d'autres races (Alexander et McCance, 1958; Wassmuth et al., 2001). Cependant, selon Dwyer et Morgan (2006), de plus faibles variations de la température rectale ont été observées chez les agneaux de race Blackface (39,6 - 40,3°C) et Suffolk, (de 38,2 à 39,7 °C).

L'augmentation significative de la température rectale signalée chez les agneaux D'man entre 1-12 h et 24-36 h après la naissance s'accorde avec les résultats de Rooke et al. (2010) qui ont signalé la même tendance entre 0,5 h et 72 h après la naissance chez les agneaux Blackface (de 38,4 à 39,7 °C) et Suffolk (de 38 à 39,1 °C). Ce phénomène a été également décrit chez le veau (Vermorel et al., 1984) et le chevreau Toggenburg (Aleksiev, 2009).

L'augmentation de la température rectale après la naissance est liée à un niveau métabolique élevé (Symond et al., 1995), à l'ingestion rapide du colostrum (Eales et Small, 1981; Hamadeh et al., 2000) et à une production de chaleur au niveau du tissu adipeux brun

sous l'action des hormones thyroïdiennes (Gunn et Gluckman, 1995; Dwyer et Morgan, 2006).

L'importance de la température rectale à 24-36 h et 48-60 h après la naissance observée pendant les années 2008 et 2009 par comparaison aux années 2010 et 2011 peut s'expliquer par des fluctuations saisonnières des facteurs climatiques, des différences liées au mode de conduite des animaux et aux effets maternels exercés sur le poids de naissance (London et Weniger, 1996).

Les faibles valeurs de la température rectale observées à 24-36 et 48-60 h pendant l'hiver par comparaison à l'été et l'automne reflètent la diminution de la température corporelle à cause des pertes de chaleur qui sont plus importantes avec de faibles températures ambiantes en hiver ( $T_a = 17,80\text{ °C}$ ;  $9-30\text{ °C}$ ). Dwyer (2008) a mentionné que l'incidence de l'hypothermie chez les agneaux est fréquente pendant les dix premiers jours de vie. En plus de la chute de température corporelle, le froid peut directement altérer le comportement néonatal surtout les tentatives de recherche de mamelle, la tétée et la reconnaissance de la mère ce qui peut entraîner l'inanition (Dwyer et Morgan, 2006).

L'importance de la température rectale à 1-12 h chez les jumeaux, à 24-36 h et 48-60 h chez les simples et les jumeaux par comparaison aux quadruplets et quintuplés est logique. Ces observations sont en partie en accord avec les résultats de Darwish et El-Bahr (2007) qui ont montré une supériorité de la température rectale à 1 h, 24 h et 72 h après la naissance chez les agneaux croisés Rahmani  $\times$  Finnish simples et jumeaux par comparaison aux triplets. Les faibles valeurs de la température rectale observées chez les agneaux multiples sont liées à un poids faible à la naissance (Ekpe et Christopherson, 2000; Doubek et al., 2003; Mellor et Stafford, 2004). En plus, les agneaux multiples (quadruplets et quintuplés) qui sont souvent immatures et moins vigoureux, possèdent des réserves corporelles réduites ce qui affecte négativement la capacité de thermorégulation et risque leur survie (Dwyer et Morgan, 2006). Les agneaux issus de grandes portées se caractérisent par un rapport élevé surface corporelle/poids ce qui accentue la perte de chaleur pendant les six premières heures de vie (Alexander, 1962a, b). Le cas est vrai également chez les porcelets (Mount et Stephens, 1970).

Les brebis D'man primipares ont produit des agneaux ayant des faibles températures rectales à 1-12 h après la naissance par comparaison aux valeurs observées chez les agneaux nés de brebis multipares. Cette faiblesse s'explique par un faible poids de naissance, des réserves corporelles réduites et un comportement de léchage moins développé, retardé et/ou absent chez les brebis primipares. Cette hypothèse peut être renforcée par quelques

particularités liées aux conditions d'élevage D'man à la ferme de l'OEP. Ainsi, les brebis primipares sont élevées avec l'ensemble du troupeau sans bénéficier de l'accès au box mère-jeune même après la mise-bas.

Toutefois, l'importance des températures rectales à 24-36 h et 48-60 h après la naissance chez les agneaux nés de brebis primipares par comparaison aux valeurs observées chez les agneaux nés de multipares est vraisemblablement liée à l'ingestion de plus grandes quantités du colostrum. Dans les conditions d'élevage D'man à la ferme de l'OEP, les brebis primipares engendrent dans la plus part des cas un seul agneau et rarement deux, alors que les grandes portées (triples, quadruples et quintuples) sont observées généralement chez les multipares. Ainsi, même si les brebis D'man primipares ont une faible production du colostrum, les quantités disponibles par agneau sont certainement plus importantes par comparaison aux brebis multipares.

#### **IV.1.2. Indices biochimiques**

L'augmentation de glucose plasmatique chez l'agneau D'man entre 1-12 h et 48-60 h s'accorde avec des observations faites chez les autres races ovines (Symonds et al., 1992; Greenwood et al., 2002; Doaa et al., 2009), chez le chevreau (Chen et al., 1999) et le veau (Bittrich et al., 2002). Le glucose sanguin est indispensable à la thermorégulation chez l'agneau nouveau-né (Stafford et al., 2007; Miller et al., 2010) et toute insuffisance entraîne l'hypothermie (Mellor et Stafford, 2004). A la naissance, le glucose est libéré par le phénomène de glycogénolyse sous l'effet des hormones dites de "stress" telles que l'adrénaline et la noradrénaline (Bassett, 1989). Par ailleurs, la digestion du lactose du colostrum fournit au nouveau-né, dès les premiers repas, un apport de glucose exogène (Thompson et al., 2006).

Une concentration de glucose plus importante (+ 55%) a été révélée à 48-60 h après la naissance chez les agneaux D'man naissant pendant l'hiver par comparaison aux agneaux qui naissent pendant l'été. Doaa et al. (2009) ont également signalé un niveau de glucose sanguin plus élevé chez les agneaux Saidi naissant en hiver par comparaison aux agneaux nés en été. Ce taux de glucose sanguin plus élevé en hiver reflète une plus grande demande énergétique, indispensable pour la production supplémentaire de chaleur afin de lutter contre le froid (Alexander, 1974). Par ailleurs, l'augmentation du glucose peut refléter également un état de stress (Sanhoury et al., 1991; Kannan et al., 2000).

La concentration plasmatique du glucose est plus importante à 1-12 h après la naissance chez les agneaux simples et doubles par comparaison aux triplets, quadruplets et

quintuplés. De même, les quintuplés ont les plus faibles concentrations de glucose à 24-36 h et à 48-60 h après la naissance. Ces observations s'accordent avec des études récentes chez d'autres races ovines (Stafford et al., 2007; Doaa et al., 2009). Les différences de la glycémie selon la taille de portée s'expliquent par des effets maternels agissant sur l'accumulation des réserves corporelles chez le fœtus, le poids à la naissance et les quantités ingérées du colostrum. Après leur naissance, les agneaux multiples ont des faibles taux de glycémie à cause d'un déficit transplacentaire des nutriments pendant leur vie fœtale, des réserves corporelles réduites, un poids léger et l'ingestion des faibles quantités de colostrum (Kenyon et al., 2005). Cela peut risquer leur survie à travers l'apparition des problèmes de thermorégulation.

L'augmentation de la concentration plasmatique de protéines entre 1-12 h et 48-60 h après la naissance chez les agneaux D'man est en concordance avec les résultats de Chen et al. (1999) qui ont avancé que le taux plasmatique de protéines augmente rapidement après la naissance et atteint un maximum à 24 h chez le chevreau Nubian. L'augmentation de la concentration plasmatique de protéines est étroitement liée à l'absorption du colostrum très riche en immunoglobulines (Hunter et al., 1977; Nowak et Poindron, 2006).

L'importance de la concentration plasmatique de protéines à 1-12 h, 24-36 h et 48-60 h chez les agneaux nés en été par comparaison aux agneaux nés en hiver est en accord avec les résultats de Doaa et al. (2009) concernant les agneaux Saidi.

Excepté la valeur élevée de la concentration plasmatique de protéines observée à 1-12 h après la naissance chez les quintuplés, les valeurs sont plus élevées à 24-36 h chez les agneaux D'man simples et jumeaux par comparaison aux quintuplés.

La concentration plasmatique de protéines ne diffère pas selon le poids de naissance des agneaux D'man. Ces observations s'accordent avec les résultats de Chen et al. (1999) qui ont signalé des concentrations de protéines sériques légèrement élevées à 0 h et à 24 h après la naissance chez les chevreaux Nubian triplets par comparaison aux simples et doubles. Il est clair que le poids de naissance n'a pas d'effet significatif sur la variation de la concentration plasmatique de protéines, alors que l'ingestion rapide du colostrum après la naissance est un facteur déterminant (Chen et al., 1999).

La diminution de la concentration plasmatique du cortisol survenue chez les agneaux D'man au cours des trois premiers jours de vie est similaire aux observations décrites chez les races Mérinos, Scottish Blackface et Suffolk (Miller et al., 2009; Dwyer et Morgan, 2006). La sécrétion prénatale du cortisol est indispensable pour la maturation des mécanismes adaptatifs qui vont soutenir la transition d'une vie intra-utérine à la vie extra-utérine. Elle stimule

également la production des hormones thyroïdiennes chez le fœtus à terme (Liggins, 1994). La diminution du cortisol sanguin dans les heures qui suivent la naissance coïncide avec l'augmentation de la concentration des hormones thyroïdiennes (Symonds et al., 1989) permettant le maintien de la température corporelle (Symonds et al., 1992). Selon Bispham et al. (2002), ces adaptations physiologiques permettent l'utilisation des ressources endogènes en faveur de la croissance et du développement des organes plutôt que dans la production de chaleur.

L'augmentation des concentrations plasmatiques du cholestérol et des triglycérides survenant chez les agneaux D'man pendant les trois premiers jours de vie est liée à l'absorption du colostrum très riche en acides gras (Mersmann et MacNeil, 1985; Blum et al., 1997; Bittrich et al., 2002). L'augmentation des lipides sanguins entre 0 et 24 h après la naissance a été également signalée chez les agneaux Chios (Oztabaki et Ozpinar, 2006).

La concentration plasmatique du cholestérol a augmenté entre 1-12 h et 48-60 h après la naissance chez les agneaux de poids léger et médium, par contre, elle a diminué chez les agneaux de poids lourd. Ceci peut s'expliquer par des différences d'activité de tétée et/ou des quantités ingérées de colostrum. Le profil observé pour les triglycérides est difficile à expliquer peut être à cause d'un effectif réduit des agneaux possédant un poids lourd inclus dans l'étude.

#### **IV.1.3. Acquisition de l'immunité chez le nouveau-né**

La concentration plasmatique des IgG augmente rapidement chez les agneaux D'man entre 1 h, 6 h et 12 h après la naissance. Ces observations sont dans le sens des résultats avancés par Hunter et al. (1977) signalant une augmentation des IgG plasmatiques chez les agneaux Columbia et Hampshire entre la naissance, 8 h et 24 h de vie. L'augmentation rapide des IgG chez les agneaux D'man est liée à l'ingestion du colostrum très riche en IgG immédiatement après la naissance. Cette richesse du colostrum en immunoglobulines a subi une réduction rapide entre 1 h et 48 h après la mise-bas. D'où, l'importance d'une ingestion efficace du colostrum au cours des premières 24 heures de vie pour s'approvisionner des IgG indispensables pour lutter contre les maladies infectieuses et mortelles (Quigley, 2005). L'ingestion rapide du colostrum après la naissance (Nowak et Poindron, 2006) et l'efficacité de l'absorption intestinale des macromolécules au cours des premières heures de vie sont des conditions primordiales pour maintenir un niveau optimal des immunoglobulines chez le nouveau-né (Castro-Alonso et al., 2008).

La diminution des IgG plasmatiques chez les agneaux D'man après 12 jours peut refléter l'activation des voies de dégradation et l'élimination d'une proportion des IgG. De même, le lait ne renferme qu'une faible concentration des IgG après 12 jours de vie et on ne parle plus d'absorption intestinale à cet âge. Les immunoglobulines absorbées peuvent rester dans la circulation sanguine pendant deux à trois semaines. Cependant, les IgG absorbées diminuent à partir de la fin de la deuxième semaine de vie à cause du catabolisme ce qui peut engendrer une déficience des immunoglobulines. Cette déficience est corrigée par la synthèse autonome des immunoglobulines chez l'agneau qui débute à partir de 3 à 4 semaines (Krzyścin et Korman, 2009).

Une diminution de la concentration plasmatique des IgG a été signalée chez les brebis D'man entre la fin de gestation (39 mg/mL) et six heures après la mise-bas (31 mg/mL). Des observations similaires ont été signalées chez la vache Holstein-Friesian et les brebis Polypay (Guidry et al., 1980; Al-Sabbagh et al., 1995). Cette diminution s'explique principalement par un mécanisme de transport sélectif des IgG du sang vers la glande mammaire (Mayer et al., 2005).

Une importance de la teneur du colostrum en IgG a été signalée à 1 h après la mise-bas chez les brebis ayant des jumeaux, des triplets et des quadruplets par comparaison aux brebis ayant des simples. Des observations similaires ont été rapportées chez des brebis des races Polypay, Rambouillet, Targhee, Columbia et Finnish Landrace (Gilbert et al., 1988). Cependant, la taille de portée n'a pas d'effet significatif sur la variation des IgG colostrales chez les brebis Polypay (Al-Sabbagh et al., 1995).

#### **IV.2. Relations entre les changements physiologiques, la survie et la croissance**

Les changements physiologiques qui se mettent en place immédiatement après la naissance peuvent influencer la survie et le potentiel de croissance des agneaux (Mellado et al., 2008). L'étude des traits morphologiques, de la température rectale et de la concentration plasmatique de glucose, de protéines en particulier les immunoglobulines G, de cortisol et de lipides (cholestérol et triglycérides) a permis de déceler des différences significatives entre les agneaux D'man qui ont survécu au-delà d'un mois et ceux qui sont morts.

L'importance surface corporelle/poids de naissance chez les agneaux qui sont morts par comparaison aux survivants est un trait de faiblesse de la vigueur. Les agneaux D'man de faible poids ont fait l'objet des pertes excessives de chaleur en particulier pendant les six premières heures de vie (Alexander, 1979; McCutcheon et al., 1981). Ceci peut être illustré à travers les faibles températures rectales à 1-12 h, 24-36 h et 48-60 h après la naissance chez

les agneaux qui sont morts entre l'âge de 3 et 30 jours par comparaison aux survivants. De même, des faibles valeurs de la température rectale ont été enregistrées à 1 h, à 6 h et à 24 h après la naissance chez les agneaux qui sont morts avant l'âge de 3 jours. Ceci reflète l'incidence de l'hypothermie chez les agneaux D'man de faible vigueur à la naissance. La variabilité importante de la température rectale observée chez les agneaux qui sont morts reflète que certains individus ont souffert l'hypothermie différemment, certains y en étant plus sensibles. Ceci est lié à leur état physiologique, au poids de naissance et aux quantités de colostrum ingérées. Plusieurs études ont signalé que la diminution de la température corporelle à cause d'une inaptitude de produire une quantité suffisante de chaleur pour combler les pertes est le principal risque de mortalité des agneaux (Mellor et Stafford, 2004; Thomson et al., 2004; Morris et Kenyon, 2004).

Une concentration plasmatique du cortisol élevée a été signalée à 1-12 h après la naissance chez les agneaux survivants par comparaison aux agneaux qui sont morts entre 3 et 30 jours. Ces différences peuvent refléter un niveau de maturité à la naissance plus important chez les survivants (Liggins, 1994). Ces résultats sont en accord avec des travaux précédents chez les agneaux Limousin × Romanov (Cabello et Levieux, 1981). Cependant, l'importance de la concentration plasmatique du cortisol à 24-36 h et 48-60 h après la naissance chez les agneaux morts par comparaison aux survivants peut être liée à un état du stress des agneaux D'man les moins vigoureux (Apple et al., 1995).

Les concentrations élevées de protéines plasmatiques observées à 24-36 h et 48-60 h après la naissance chez les agneaux D'man survivants par comparaison aux morts peuvent être liées à des différences des quantités des immunoglobulines ingérées dans le colostrum. Cela est renforcé par une teneur plus élevée des IgG plasmatiques à 6 h après la naissance chez les survivants par comparaison aux morts. La variabilité importante de la concentration plasmatique de protéines chez les agneaux morts reflète les différences individuelles du poids de naissance et des quantités du colostrum ingérées. Ces observations s'accordent aux résultats de Khan et al. (2006) qui ont signalé des concentrations de protéines plus élevées chez les agneaux survivants par comparaison aux morts pour la race Karakul et Thalli.

Les relations positives entre la vitesse de croissance pendant les dix premiers jours de vie et les concentrations plasmatiques de glucose et des IgG peuvent s'expliquer par le rôle primordial du colostrum maternel dans le développement. La croissance de l'agneau est fortement associée au potentiel laitier pendant la période d'allaitement (Morgan, 2005).

Les relations négatives entre le taux plasmatique du cortisol au-delà de la naissance et les vitesses de croissance chez les agneaux D'man peuvent refléter un état de stress et de

faiblesse de la vigueur. La croissance est altérée sous des contraintes liées à l'environnement qui causent des changements énergétiques au niveau des fonctions biologiques suite au stress (Habeb et al., 1992; Silanikove, 1992). Ces réponses sont également des signes de faiblesse pour le bien être animal (Broom et Johnson, 1993).

## **V. Conclusion**

Cette étude est complémentaire à la précédente. Elle nous a permis de définir des traits physiques et des indices physiologiques chez les agneaux D'man et leurs relations avec le potentiel de croissance et de survie jusqu'au moins 30 jours d'âge.

A la naissance, les agneaux de faible poids, en particulier les triplets, les quadruplets et les quintuplés ont un rapport surface corporelle/poids de naissance élevé, des faibles valeurs de la température rectale, de la concentration plasmatique de cortisol et de glycémie par comparaison aux agneaux simples et doubles. Ces différences reflètent une immaturité à la naissance des agneaux multiples qui sont moins vigoureux ce qui les prédispose à l'hypothermie et l'inanition et compromet leur survie. Les agneaux surnuméraires (quadruplets et quintuplés), ceux nés de jeunes brebis et en hiver sont les moins vigoureux puisqu'ils ont de faibles indices physiologiques à travers les trois premiers jours de vie. Le maintien de la température corporelle élevée, ainsi que des concentrations plasmatiques importantes de glucose et de protéines totales, en particulier les IgG, à travers les trois premiers jours de vie se répercute positivement sur la survie et la croissance jusqu'au premier mois de vie chez les agneaux D'man. Par contre, l'hypothermie, le retard voire même l'absence de la prise du colostrum et la défaillance du transfert de l'immunité de la mère au nouveau-né contribuent à la mortalité des agneaux D'man.

Le rapport surface corporelle/poids, la température rectale, le taux de glycémie, la concentration plasmatique du cortisol et des immunoglobulines représentent des indices physiologiques particulièrement fiables pour évaluer la vigueur et le bien être des agneaux D'man.

Une meilleure compréhension de la physiologie ante et postnatale chez les agneaux D'man offre des moyens d'amélioration de la survie pendant la période critique. Avec des telles connaissances qui peuvent répondre aux contraintes de l'élevage des ovins D'man en Tunisie, plusieurs recommandations peuvent être prises en considération pour une gestion rationnelle des animaux.

A court terme, la distribution d'une alimentation adéquate des brebis gestantes selon le nombre de fœtus par conception est une voie prometteuse pour l'amélioration du poids à la

## *Travail expérimental*

---

naissance. Ceci peut réduire la variabilité du poids entre les agneaux de même portée et donc les différences physiologiques après la naissance. De même, le fait de fournir à la brebis parturiente un milieu abrité (box mise-bas) surtout pendant les agnelages d'hiver est une tâche faisable dans les conditions d'élevage de la ferme de l'OEP. Ceci peut favoriser le maintien de la thermorégulation chez le nouveau-né dans des bonnes conditions et éviter l'incidence de l'hypothermie. A long terme, il est intéressant de sélectionner les brebis les plus performantes qui engendrent deux à trois agneaux et d'éviter la mise en lutte des brebis hyper prolifiques.

**Chapitre 3: Mise-bas, comportements maternel et néonatal et attachement mère-jeune chez les ovins D'man.**

## **Mise-bas, comportements maternel et néonatal et attachement mère-jeune chez les ovins D'man**

### **I. Introduction**

En élevage ovin, le déroulement de la mise-bas peut poser des difficultés, ce qui peut risquer par conséquent, la survie de l'agneau nouveau-né et même la vie de la brebis parturiente (Haughey, 1991; Cloete, 1993). Les problèmes de mise-bas sont préjudiciables pour les élevages ovins (Majeed et Taha, 1995) et bovins (Kriese et al., 1994) à cause des pertes économiques engendrées. Bien que les naissances difficiles sont principalement observées chez les agneaux de poids important à la naissance (Dalton et al., 1980), des difficultés de naissance s'observent également lors de l'expulsion des agneaux multiples de faible poids (Hinch et al., 1986) ce qui peut refléter l'implication d'autres facteurs (Kerslake, 2010). Plusieurs difficultés de mise-bas peuvent s'observer chez la brebis parturiente tels qu'un agnelage prolongé à cause d'un poids élevé du fœtus et des présentations et/ou orientations anormales du fœtus lors de l'expulsion (Kerslake, 2010) dans les portées multiples (Dwyer, 2003). De même, la restriction de la corne utérine en cas de multifœtation peut empêcher le transit correct du fœtus et engendrer par conséquent son expulsion selon une mauvaise orientation et parfois même croisé avec d'autres fœtus (Kerslake, 2010). Par ailleurs, les dimensions pelviennes de la brebis peuvent avoir des effets sur le déroulement de la parturition (Cloete et al., 1998).

Outre les problèmes de mise-bas, le comportement maternel et celui du nouveau-né peuvent également jouer un rôle clé au niveau de l'élevage (Nowak, 1998). Ainsi, la manifestation d'un comportement maternel adéquat est un élément décisif pour la survie de l'agneau pendant la période néonatale car celle-ci présente une période de haut risque pour le nouveau-né (Poindron et Signoret, 1977; Nowak, 1998).

Les soins maternels exprimés par la brebis varient énormément, d'une manière qualitative aussi bien que quantitative, entre les races et même entre les individus de la même race. Des différences inter-individuelles du comportement de léchage, d'allaitement et d'abandon ont été décrites chez les brebis à travers des agnelages successifs et qui peuvent s'expliquer par un contrôle génétique (Dwyer et Lawrence, 2000).

Par ailleurs, les différences de comportement maternel peuvent également refléter des différences de tempérament chez les brebis (Bickell et al., 2009). Ainsi, les brebis de tempérament calme, sélectionnées grâce à leur aptitude à élever plusieurs agneaux, améliorent leur performance du comportement maternel à travers les agnelages (Kilgour et Szantar-

Coddington, 1995). Le taux de survie élevé des agneaux nés de brebis de tempérament calme peut s'expliquer par une relation mère-jeune plus étroite par comparaison aux agneaux nés de brebis de tempérament agité (Murphy et al., 1998; Nowak et Poindron, 2006).

Les comportements maternel et néonatal ont été largement étudiés chez les ovins non prolifiques (Wallace, 1949; Hulet et al., 1975; Alexander, 1988; Fahmy et al., 1997). Par contre, peu d'études ont été réalisées chez les races prolifiques (Holmes, 1975, 1976; Fahmy et al., 1997). Chez les ovins prolifiques, le maintien de liens étroits entre la brebis et l'ensemble de la portée revêt une importance considérable en particulier dans les élevages en plein air (Stevens et al., 1982; Lécivain et Janeau, 1988). Dans ces conditions, la brebis semble inapte à reconnaître d'emblée l'ensemble de sa portée, et par conséquent, un ou plusieurs agneaux peuvent être abandonnés (Stevens et al., 1982). Le comportement d'abandon du jeune est plus fréquent chez les brebis primipares par comparaison aux multipares (Lécivain et Janeau, 1988). L'inaptitude à reconnaître l'ensemble de la portée favorise une séparation mère-jeune prolongée ce qui augmente les risques de mortalité par inanition chez les agneaux prolifiques Mérinos (Nowak et Lindsay, 1992). Une proportion importante de la mortalité neonatale peut être expliquée par un comportement maternel aberrant chez les brebis Mérinos (Alexander et Peterson, 1961; O'Connor et al., 1985). Une sous alimentation pratiquée durant les six dernières semaines de gestation chez les brebis est accompagnée de l'abandon des jumeaux (Putu et al., 1988b). Les brebis sous alimentées montrent également un retard d'allaitement et des soins prodigués au nouveau-né par comparaison aux brebis adéquatement alimentées (Dwyer et al., 2003).

Par ailleurs, la participation active de l'agneau nouveau-né est indispensable pour le développement et le maintien de la relation mère-jeune (Nowak, 1998; Nowak et Lindsay, 1992). L'aptitude à se lever, localiser la mamelle et téter efficacement est extrêmement importante pour la construction des liens mère-jeune (Arnold et Morgan, 1975). Plusieurs facteurs peuvent influencer l'expression du comportement néonatal chez l'agneau. Le poids de naissance agit indirectement sur le comportement du nouveau-né en rendant la mise-bas plus longue, en augmentant l'incidence des dystocies et des présentations anormales ce qui par conséquent retarde l'expression du comportement néonatal (Dwyer, 2003). De même, les agneaux de faible poids à la naissance sont moins vigoureux, découvrent plus tardivement la mamelle et ne s'allaitent pas efficacement par comparaison aux agneaux de poids plus important (Owens et al., 1985; Slee et Springbett, 1986; Fahmy et al., 1997). Des tels comportements peuvent engendrer l'inanition, affectent la thermogénèse et par conséquent augmentent les risques d'hypothermie chez les agneaux de faible poids à la naissance (Dwyer,

2003). Le comportement de l'agneau peut également jouer un rôle dans la séparation mère-jeune (Nowak et Lindsay, 1992). La séparation mère-jeune est influencée par la race de l'agneau alors que le poids à la naissance et le comportement de la brebis semblent jouer un moindre rôle (Stevens et al., 1984).

Les ovins D'man originaires du Maroc ont été introduits en Tunisie en 1994. Les brebis sont élevées en intensif particulièrement dans les oasis de Gabès, Tozeur, Kébéli et éventuellement celles de Gafsa. Un rythme d'agnelage accéléré a été pratiqué par les éleveurs ce qui permet d'avoir trois agnelages tous les deux ans et, par conséquent, de profiter au maximum des caractéristiques de reproduction exceptionnelles des brebis D'man. Cependant, des taux élevés de la mortalité ont été enregistrés chez les agneaux dans ces conditions d'élevages en particulier pendant les dix premiers jours de vie (Chniter et al., 2011), ce qui peut refléter l'implication d'une multitude de facteurs. Le rythme d'agnelage pratiqué par exemple peut accentuer les effets néfastes de la prolificité au travers des difficultés de mise-bas et des problèmes d'attachement mère-jeune. Face au manque d'informations chez la race D'man, l'étude du processus de la mise-bas et de la relation mère-jeune chez cette race s'avère déterminante pour identifier les facteurs de risque de mortalité des agneaux liés au comportement. Ce travail a pour objectifs: 1) de caractériser le processus de mise-bas et la vigueur de l'agneau, et 2) d'évaluer l'attachement mère-jeune.

## **II. Matériels et méthodes**

### **II.1. Mise-bas, comportement maternel et néonatal**

Les animaux étudiés font partie du troupeau commercial de l'OEP dont les conditions d'élevage sont décrites dans le chapitre 1. Les brebis gestantes ont été réparties en lots à la fin de gestation pour s'assurer d'une densité équivalente à 2 m<sup>2</sup>/brebis. Des visites successives ont été effectuées par un observateur dans les lots pour se familiariser avec les animaux. Les premiers signes de l'approche de mise-bas sont détectés par l'animalier qualifié qui surveille le troupeau en permanence durant les périodes d'agnelages. Le déroulement de la parturition a été observé chez 40 brebis entre 14/03/2008 et 12/05/2010 selon l'opportunité. Dans ces conditions, les brebis mettent bas en général sans intervention. Néanmoins, si une durée de temps excède 2 heures après la sortie de la première poche des eaux sans l'apparition des onglons du fœtus à la vulve, l'intervention humaine est de règle afin d'éviter les problèmes de mise-bas (photos 1-4).



**Photo 1:** Brebis s'écarte du reste du troupeau.



**Photo 2:** Brebis en position couchée.



**Photo 3:** Sortie de la première poche des eaux.



**Photo 4:** Intervention et aide à l'expulsion.

L'étude des traits liés à la mise-bas a été réalisée par surveillance rapprochée et en temps continu (tableau 10).

**Tableau 10:** Traits de mise-bas étudiés chez les brebis D'man.

<b>Traits</b>	<b>Description</b>
La durée de la mise-bas (min)	Temps entre la sortie de la première poche des eaux et l'expulsion du fœtus (dernier fœtus en cas de portées multiples).
L'intervalle entre deux naissances (min)	Durée entre l'heure d'expulsion d'un fœtus et celui qui le succède dans les portées multiples.
Latence de la délivrance (min)	Durée entre la fin de la parturition (l'expulsion du dernier fœtus en cas de portée multiples) et le moment de rejet du placenta.
Le poids de placenta (g)	Les différents fragments rejetés de placenta ont été récupérés et pesés en gramme à l'aide d'une balance de précision.

Les traits liés à la vigueur du nouveau-né étudiés chez les agneaux D'man sont décrits dans le tableau 11.

**Tableau 11:** Traits de la vigueur étudiés chez les agneaux D'man nouveau-nés.

<b>Latences/naissance</b>	<b>Description</b>
Vocalisation (min)	Durée entre la naissance et le moment de la première vocalisation.
Tentatives pour se mettre debout (min)	Durée entre la naissance et le moment des premières tentatives de se met debout.
Position debout (min)	Durée entre la naissance et le moment de la première position debout stable (qui dure plus que 2 s).
Recherche de la mamelle (min)	Durée entre la naissance et les premières tentatives de recherche de mamelle.

Pour chaque agneau né, un numéro d'identification est attribué après la désinfection du cordon ombilical par une solution antiseptique. Le poids à la naissance a été déterminé soigneusement à l'aide d'une balance et la température rectale a été enregistrée à l'aide d'un thermomètre menu d'une sonde souple. Les différents fragments du placenta rejetés ont été récupérés et pesés.

L'étude a porté également sur la caractérisation du comportement maternel et néonatal chez un lot de 6 brebis D'man primipares et leurs 9 agneaux. Ces brebis sont originaires d'un élevage privé situé à Mareth (sud de Gabès) et ont été transportées à la Station de l'IRA à Chenchou vers le 3<sup>ème</sup> mois de gestation. Les conditions d'élevage sont similaires à celles décrites précédemment pour le troupeau commercial de l'OEP.

Des traits du comportement (tableau 12) ont été suivis à différents moments après la mise-bas (6 h, 12 h, 24 h, 36 h et 48 h) et ceci pendant 10 min pour le comportement néonatal et 20 min pour le comportement maternel.

**Tableau 12:** Traits de comportements maternel et néonatal étudiés chez les ovins D'man.

<b>Comportements étudiés chez la brebis</b>	<b>Comportements étudiés chez l'agneau</b>
Nombre des bêlements bas	Nombre de vocalisations
Nombre des bêlements hauts	Temps d'exploration de la mère
Temps de léchage et/ou de flairage	Temps de tétée
Nombre d'acceptations à la mamelle (par portée)	Temps passé couché
Temps d'allaitement (par portée)	-----

## **II.2. Attachement mère-jeune**

L'étude consiste à évaluer l'attachement mère-jeune en appliquant deux tests de comportement chez les brebis (test de sélectivité et test de choix) et un test chez les agneaux (test de choix).

- **Sélectivité maternelle:** l'objectif est de caractériser les capacités de reconnaissance de la mère à proximité de son jeune après des phases de séparation et de réunion. Le test de

sélectivité a été effectuée entre 12 et 24 h après la mise-bas. La reconnaissance à proximité a été quantifiée en présentant successivement l'agneau étranger et l'agneau familial dans la case de la mère et les comportements d'acceptation et de rejet ont été observés pendant 3 min.

- **Reconnaissance du jeune par la mère:** l'objectif est de caractériser les capacités de reconnaissance à distance du jeune par la mère. Le test de reconnaissance, évalué vers 48 h après la mise-bas, consiste à mettre la mère dans une situation de choix entre un agneau étranger et l'agneau familial disposés à une distance de 9 m de la brebis. Une zone de 1 m de large devant chaque agneau a permis de délimiter une zone de contact. La latence mise pour rejoindre les agneaux et les temps passés dans la zone de contact de chaque agneau sont comptabilisés pendant 5 min.

- **Reconnaissance de la mère par le jeune:** l'objectif est de caractériser les capacités de reconnaissance à distance de la mère par l'agneau vers 48 h après la naissance. L'agneau " test " est mis dans une situation de choix entre sa mère et une autre brebis parturiente disposée chacune dans un angle d'un parc triangulaire à une distance de 7 m de l'agneau. Une zone de 1 m de large devant chaque brebis a permis de délimiter une zone de contact. La latence mise pour rejoindre les brebis et les temps passés dans la zone de contact de chaque brebis sont comptabilisés pendant 5 min et les tests sont filmés à l'aide d'un caméscope afin de dépouiller les interactions comportementales.

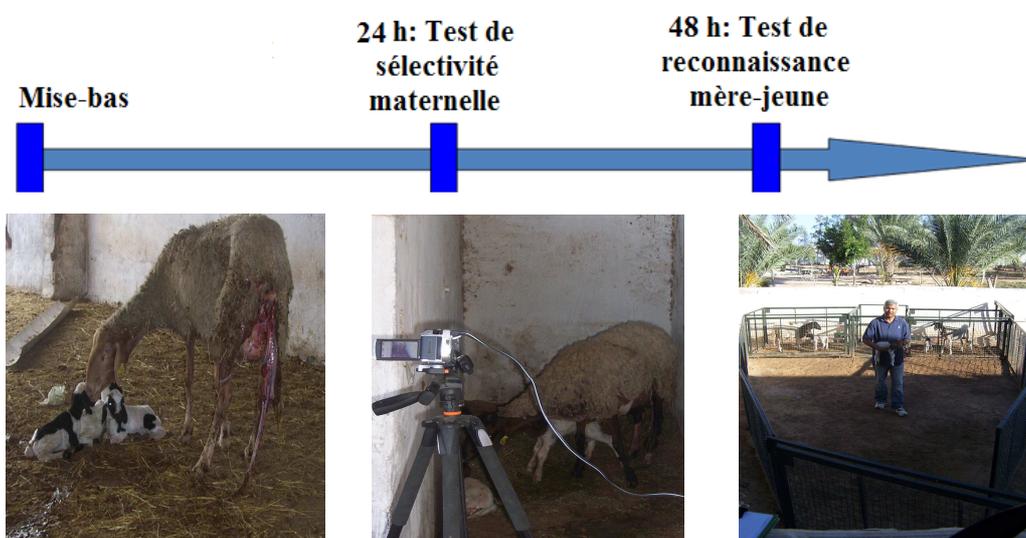
L'étude a concerné un lot de 13 brebis D'man et leurs 27 agneaux à la Station Expérimentale de l'Institut des Régions Arides à Chenchou. Le choix de cette station n'est pas fortuit pour plusieurs raisons. La période des mise-bas s'échelonne sur une longue durée souvent dépassant un mois dans les conditions d'élevage à la ferme Pilote de l'OEP. Par contre, l'étude de la relation mère-jeune exige la disponibilité des brebis parturientes ayant des états physiologiques proches c'est-à-dire ayant mis bas le même jour. De même, une ambiance calme est exigée pour l'étude du comportement et tout stimulus de l'environnement peut présenter une source de variation importante. Compte tenu de ce qui précède, un lot privé des brebis D'man multipares a été réservé à la Station Expérimentale de l'Institut des Régions Arides. Un programme de synchronisation de chaleurs a été appliqué sur ce lot. La pose d'éponge vaginale en mousse de polyuréthane et imprégnée de 40 mg d'acétate de fluorgestone (FGA) a été réalisée chez 13 brebis âgées en moyenne de 3 ans et réparties sur deux lots. Deux béliers ont été introduits dans chaque lot environ 24 h après le retrait des éponges. Le programme de synchronisation de chaleurs ainsi que les dates exactes de mise-bas sont consignés dans le tableau 13.

**Tableau 13:** Calendrier de synchronisation de chaleurs et mise-bas chez le lot des brebis étudiées.

Lot / Brebis	Pose Eponge	Retrait Eponge	Lutte Naturelle	Mise-bas	
<b>Lot 1</b>	7803	28/05/2011 à 08H00	12/05/2011 à 08H43	2 Béliers Entrée: 12/05/2011 Sortie: 12/06/2011	11/10/2011
	7804	28/05/2011 à 08H02	12/05/2011 à 08H42		09/10/2011
	7805	28/05/2011 à 08H15	12/05/2011 à 08H42		08/10/2011
	7806	28/05/2011 à 08H05	12/05/2011 à 08H41		08/10/2011
	7794*	28/05/2011 à 08H06	12/05/2011 à 08H44		07/10/2011
	7797	28/05/2011 à 08H07	12/05/2011 à 08H40		05/10/2011
	7808	28/05/2011 à 08H04	12/05/2011 à 08H45		09/10/2011
<b>Lot 2</b>	7745	29/05/2011 à 08H24	13/05/2011 à 08H16	2 Béliers Entrée: 13/05/2011 Sortie: 12/06/2011	13/10/2011
	7743*	29/05/2011 à 08H28	13/05/2011 à 08H13		03/11/2011
	7739	29/05/2011 à 08H31	13/05/2011 à 08H16		12/10/2011
	7740	29/05/2011 à 08H27	13/05/2011 à 08H14		10/10/2011
	7738	29/05/2011 à 08H29	13/05/2011 à 08H15		13/10/2011
	7737*	29/05/2011 à 08H33	13/05/2011 à 08H15		03/11/2011

\*: Brebis n'a pas subi la pose d'éponge.

Les conditions d'élevage à la Station Expérimentale de l'IRA sont similaires à celles décrites dans le chapitre 1. Dès que les premiers signes de la parturition sont détectés, la brebis péri-parturiente est maintenue dans un box de mise-bas (2 m × 1 m: photo 6).



**Photo 5:** Brebis parturiente.

**Photo 6:** Test de sélectivité.

**Photo 7:** Test de reconnaissance.

**Figure 38:** Etude de l'attachement mère-jeune chez les ovins D'man.

Les agnelages se sont déroulés sans difficulté avec quelques cas d'assistance de l'animalier afin d'aider les brebis à mettre bas. Les brebis parturientes sont gardées dans le box de mise-bas pendant deux jours avant de rejoindre les brebis suitées. Des traits du comportement ont été étudiés, et simultanément, des films ont été enregistrés au caméscope (figure 38).

### II.3. Analyses statistiques

Les données collectées sont transformées sur des fichiers Excel afin de coder les variables qualitatives. Certaines données sont manquantes et ceci à cause de difficultés de surveiller les animaux et de prendre des notes pour plusieurs variables simultanément. Les données brutes ont été traitées à l'aide du logiciel SAS (9.1) pour une analyse descriptive. L'effet des facteurs (saison mise-bas, taille de portée, parité et dystocie) sur la variation des paramètres étudiés a été testé par la procédure GLM. Les différences entre les valeurs moyennes ont été décelées par des tests non-paramétriques (Kruskall-Wallis). Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes ( $\pm$  erreur standard).

## III. Résultats

### III.1. Mise-bas

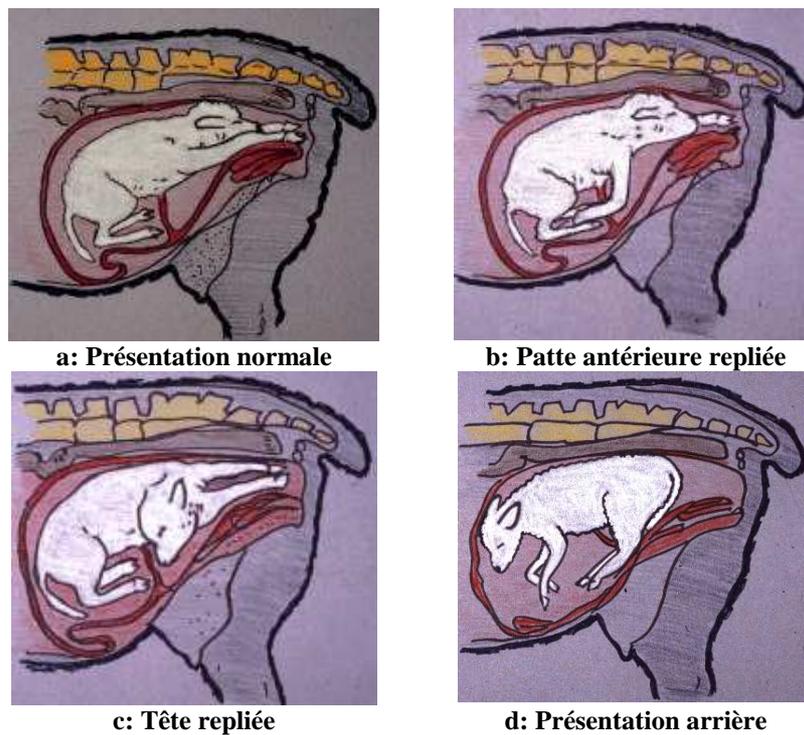
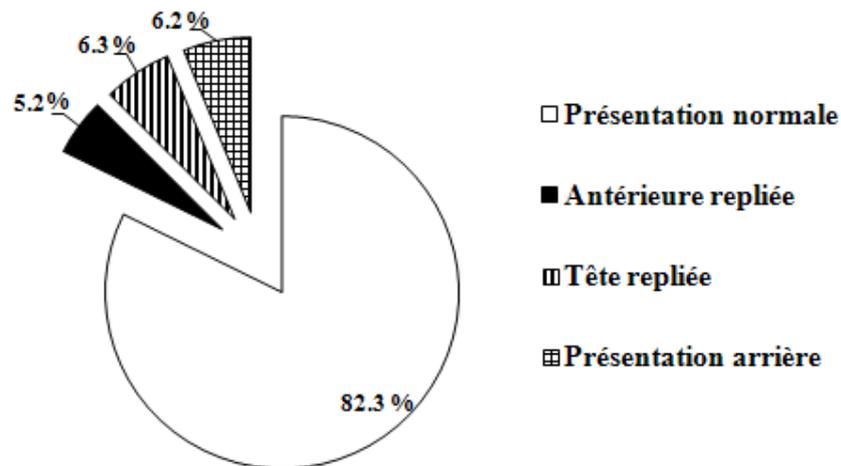
Les valeurs de la durée de mise-bas, l'intervalle entre deux naissances, la durée du temps de délivrance et le poids du placenta chez la brebis D'man sont consignées dans le tableau 14.

**Tableau 14:** Valeurs des traits de mise-bas chez les brebis D'man.

<b>Variables</b>	<b>Moyenne</b>	<b>CV</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
Durée de mise-bas (min)	$17 \pm 3,6$ (40)	132,5	2	122
Intervalle-naissances (min)	$11,9 \pm 2,7$ (52)	161,1	1	110
Délivrance (min)	$143 \pm 8,3$ (23)	27,6	25	197
Poids du placenta (g)	$634 \pm 51$ (22)	38,1	200	1100

La durée de mise-bas varie de 2 à 122 min, reflétant ainsi une grande variabilité (132,5%). L'intervalle entre deux naissances successives en cas de portées multiples varie entre 1 et 110 min marquant une variabilité importante (161,1%). La délivrance est observée après 2 h de la mise-bas, avec des fluctuations des valeurs entre 25 et 197 min. Le placenta a un poids moyen égal à  $634 \pm 51$ g.

La figure 39 décrit le déroulement du processus de la parturition chez le lot étudié des brebis D'man.



**Figure 39:** Déroulement du processus de mise-bas chez les brebis D'man (Bagley, Clell, V., 1997).

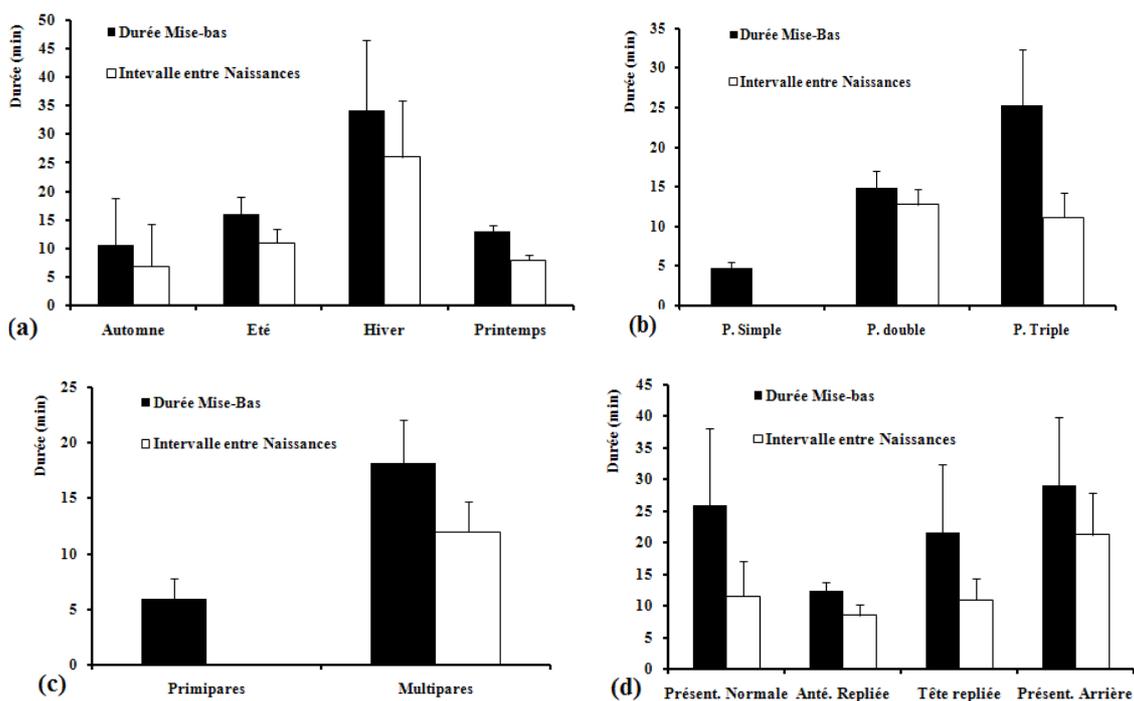
La mise-bas est normale dans 82,3% des cas (figure 39a: orientation avec les 2 pattes antérieures en avant). Des difficultés de mise-bas ont été observées dans 17,7% de cas, incluant soit une orientation normale mais une de pattes antérieures repliées (5,2%) (figure 39b) et/ou la tête est repliée (6,3%) (figure 39c), soit également l'expulsion du fœtus selon une orientation anormale dans 6,2% des cas (figure 39d: mise-bas avec présentation du train arrière).

La variation des paramètres étudiés selon la saison, la taille de portée, la parité et la difficulté de mise-bas est exprimée dans la figure 40.

En termes de durée, les mise-bas d'hiver sont plus longues ( $34,2 \pm 12,3$  min), suivies par les mise-bas d'été ( $16,1 \pm 2,9$  min), du printemps ( $13 \pm 1,2$  min) et enfin les mise-bas d'automne les plus courtes ( $10,7 \pm 8,1$  min), mais les différences ne sont pas significatives (figure 40a).

Une augmentation de la durée de mise-bas a été signalée avec la taille de portée. Ainsi, les mise-bas des portées simples sont plus courtes ( $4,7 \pm 1,3$  min) que les portées doubles ( $14,9 \pm 2,9$  min) et les portées triples ( $25,1 \pm 2,9$  min). Cependant, l'intervalle entre deux naissances est comparable entre les portées doubles ( $12,8 \pm 2$  min) et triples ( $11,1 \pm 3,1$  min) (figure 40b). La durée de mise-bas et l'intervalle entre deux naissances sont plus élevés chez les brebis multipares par comparaison aux primipares, bien que les différences ne sont pas significatives (figure 40c).

Les présentations " arrière " ont marqué une légère augmentation en termes de durée de mise-bas et d'intervalle entre deux naissances par comparaison aux présentations normales ou avec patte et/ou tête repliées (figure 40d).



**Figure 40:** Variation des traits de mise-bas chez les ovins D'man selon (a) la saison, (b) la taille de portée, (c) la parité et (d) la présentation du fœtus lors d'expulsion.

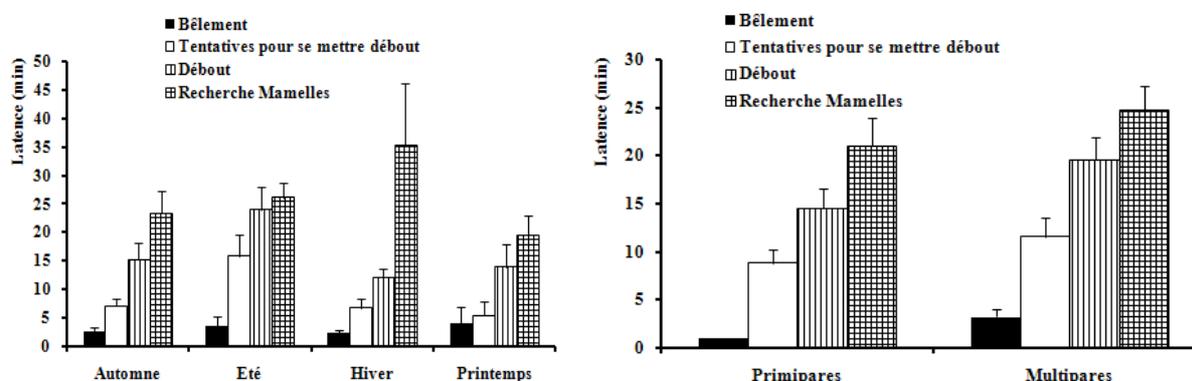
### III.2. Vigueur du nouveau-né

Les agneaux étudiés ont un poids de naissance moyen égal à  $2,8 \pm 0,1$  kg avec des fluctuations de 1,4 à 4 kg et une valeur moyenne de température rectale de l'ordre de  $39,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Les traits de vigueur de l'agneau D'man sont décrits dans le tableau 15. Le nouveau-né vocalise entre 1 et 20 min, tend à se mettre debout entre 1 et 92 min et se met debout avec succès à  $19 \pm 2,2$  min après la naissance. L'agneau commence à chercher la mamelle après  $24,4 \pm 2,4$  min. Une variabilité importante a été signalée pour l'ensemble des paramètres étudiés (tableau 15).

**Tableau 15:** Valeurs des traits de vigueur chez les agneaux D'man nouveau-nés.

Latences (min)/naissance	Moyenne	CV	Min	Max
Vocaliser	$3,0 \pm 0,7$ (32)	128	1	20
Tentative pour se mettre debout	$11,4 \pm 1,9$ (80)	168,7	1	92
Position debout	$19,2 \pm 2,2$ (84)	106,8	2	133
Recherche de la mamelle	$24,4 \pm 2,4$ (60)	74,5	4	90

L'étude de la variation des traits de vigueur chez le nouveau-né en fonction de la saison de mise-bas et de la parité des brebis ne montre aucun effet significatif (figure 41). Abstraction faite du comportement de recherche de la mamelle, l'expression des comportements étudiés est légèrement plus tardive en été et en printemps par comparaison à l'hiver et l'automne (figure 41a). Les agneaux nés de brebis primipares semblent plus actifs par comparaison aux agneaux nés de brebis multipares (figure 41b).



**Figure 41:** Variation de traits de vigueur chez l'agneau D'man nouveau-né selon (a) la saison et (b) la parité.

Les traits étudiés de la vigueur ne sont pas différents entre les agneaux survivants (n = 54) et ceux qui sont morts (n = 6) pendant les dix premiers jours de vie (figure 42).

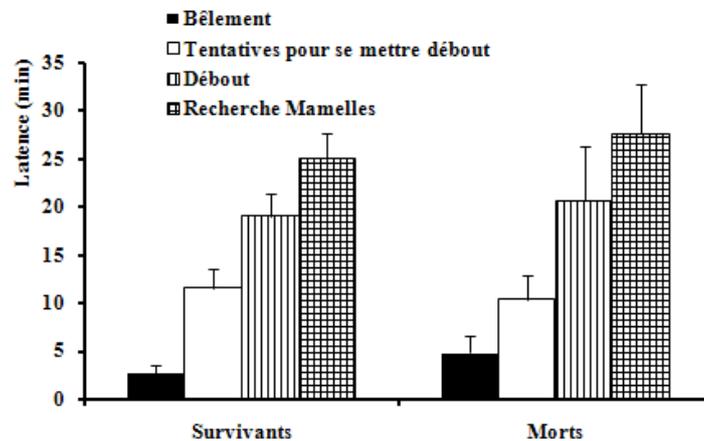


Figure 42: Traits de vigueur chez les agneaux survivants et morts.

### III.3. Caractérisation et développement du comportement

#### III.3.1. Comportement maternel

Pour caractériser le développement du comportement maternel, les nombres des bêlements bas et hauts, le nombre d'acceptation aux mamelles, les temps d'allaitement et de léchage et/ou flairage ont été suivis chez les brebis D'man pendant 20 min à différents temps après la mise-bas (6, 12, 24, 36 et 48 h). D'après la figure 43, le nombre de bêlements bas émis par les brebis à 6 h est significativement plus élevé ( $45,8 \pm 11,2$ ) par comparaison à 12 h ( $26,7 \pm 6,8$ ), 24 h ( $23,1 \pm 6,6$ ), 36 h ( $21,2 \pm 7,4$ ) et 48 h après la mise-bas ( $2,5 \pm 0,64$ ).

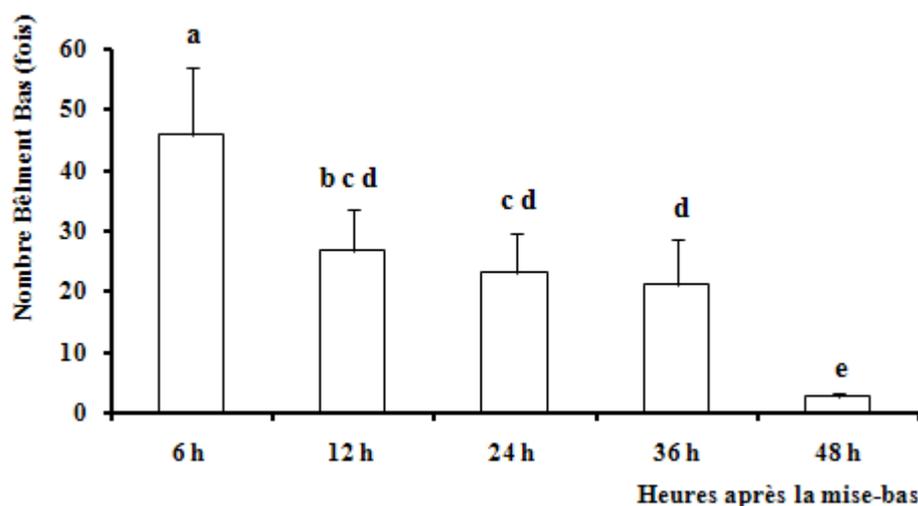
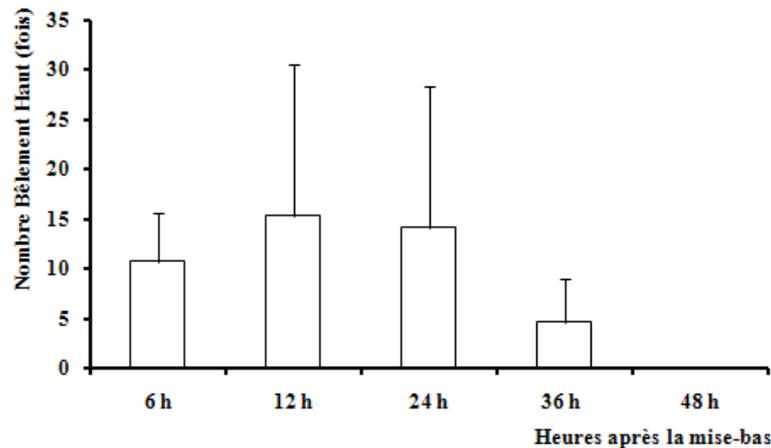


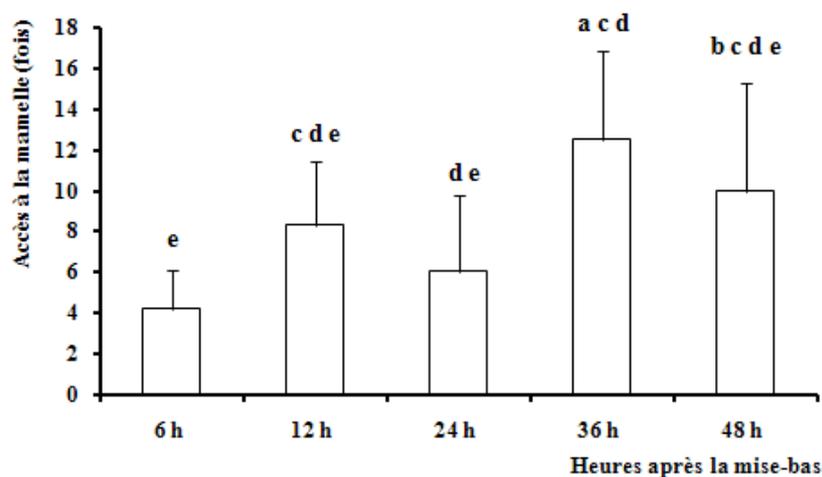
Figure 43: Bêlements bas enregistrés pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man.

Le nombre de bêlements hauts montre une légère augmentation non significative en fonction du temps entre 6 h et 12 h. A partir de 12 h, une diminution progressive de bêlements hauts a été marquée jusqu'à 36 h après la mise-bas. Aucun bêlement haut n'a été enregistré à 48 h après la mise-bas (figure 44).



**Figure 44:** Bêlements hauts enregistrés pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man.

Le nombre de fois où les agneaux ont été observés à la mamelle calculé pour l'ensemble de portée pendant 20 min augmente de manière significative entre 6 h ( $4,2 \pm 2$ ) et 36 h ( $12,5 \pm 4,4$ ) avant de marquer une légère diminution ( $10 \pm 5,3$ ) à 48 h (figure 45).



**Figure 45:** Accès à la mamelle calculé pour l'ensemble de la portée pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man.

De même, le temps d'allaitement calculé pour l'ensemble de la portée pendant 20 min a augmenté d'une manière significative entre 6 h ( $92,5 \pm 63,1$  s) et 36 h ( $290 \pm 97,1$  s) avec une alternance d'augmentation et de diminution pendant la période étudiée (figure 46).

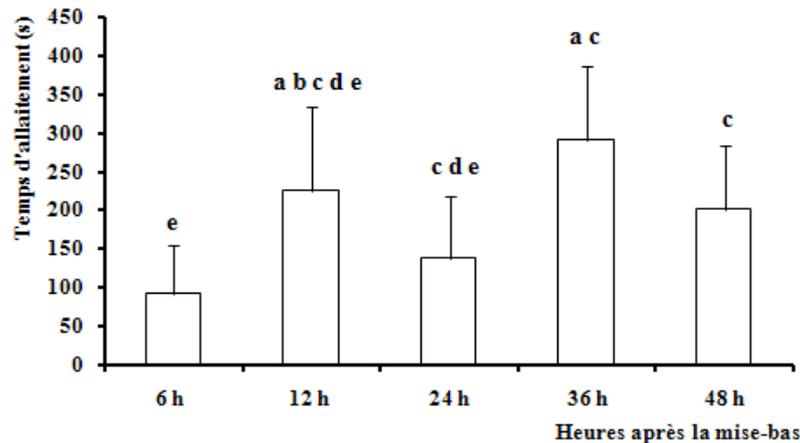


Figure 46: Temps d'allaitement calculé pour l'ensemble de la portée pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man.

Une légère augmentation du temps de léchage et/ou de flairage du nouveau-né a été observée chez les brebis D'man entre 6 h ( $70,2 \pm 35,4$  s) et 12 h ( $154 \pm 53,3$  s) avec une alternance d'augmentation et de diminution non significative pendant la période étudiée (figure 47).

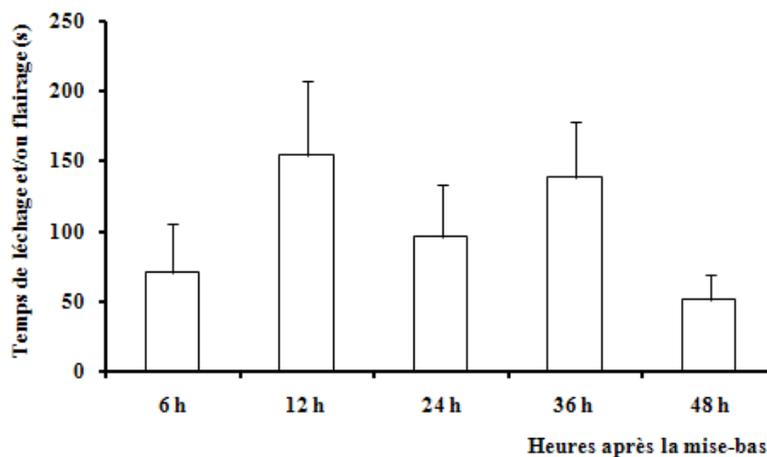
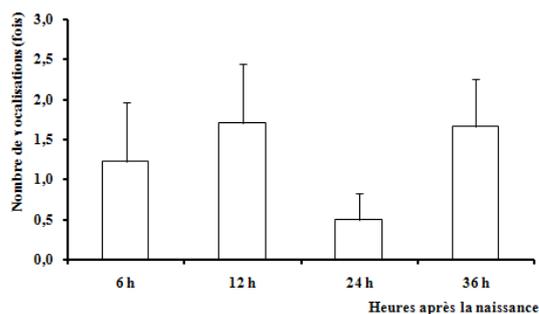


Figure 47: Temps de léchage et/ou flairage estimé pendant 20 min à différents temps après la mise-bas chez 6 brebis D'man.

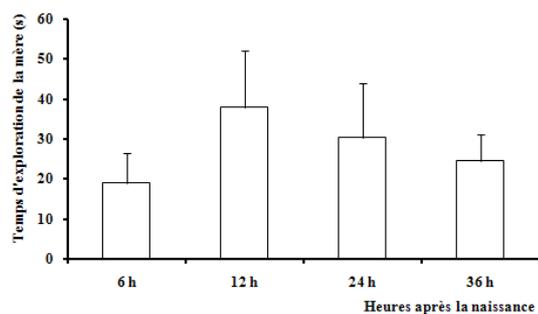
### III.3.2. Comportement néonatal

Pour la caractérisation du comportement néonatal, nous avons observé un lot de 9 agneaux nés de 6 brebis primipares. Le comportement de l'agneau a été suivi pendant 20 min à différents moments après la naissance (6, 12, 24 et 36 h).

Le nombre moyen de vocalisations émis par l'agneau nouveau-né est relativement faible et montre une légère augmentation entre 6 h ( $1,2 \pm 0,7$  fois) et 12 h ( $1,7 \pm 0,8$  fois) avec des fluctuations pendant la période de suivi. Ainsi, une diminution ( $0,5 \pm 0,3$  fois) et une augmentation ( $1,7 \pm 0,8$  fois) ont été marquées respectivement à 24 h et à 36 h après la naissance, bien que cette évolution est non significative (figure 48).



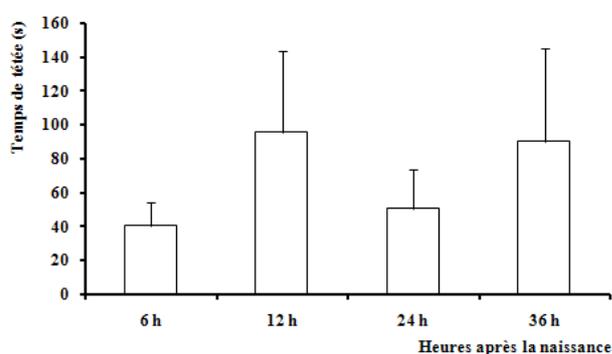
**Figure 48:** Comportement de vocalisation à différents temps après la naissance chez 9 agneaux D'man.



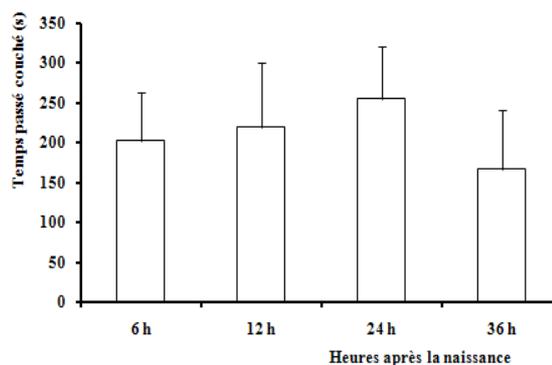
**Figure 49:** Comportement d'exploration de la mère à différents temps après la naissance chez 9 agneaux D'man.

Le temps d'exploration du corps de la mère pour l'ensemble de la portée par brebis a augmenté de  $19 \pm 7,5$  à  $38 \pm 14,2$  min entre 6 h et 12 h postpartum, puis une diminution progressive est marquée à partir de 12 h mais l'évolution n'est pas significative (figure 49).

La durée moyenne du temps de tétée par agneau a présenté une légère augmentation entre 6 h ( $40,4 \pm 13,8$  s) et 12 h après la naissance ( $95,2 \pm 48,8$  s) avec une alternance entre augmentation et diminution pendant la période étudiée. Ainsi, une diminution ( $40,1 \pm 23,4$  s) et une augmentation ( $90,4 \pm 54,6$  s) ont été observées respectivement à 24 h et 36 h (figure 50).



**Figure 50:** Temps de tétée à différents temps après la naissance chez 9 agneaux D'man.



**Figure 51:** Temps passé couché à différents temps après la naissance chez 9 agneaux D'man.

Le temps passé en position couchée chez le nouveau-né à 6 h après la naissance est égal à  $202,8 \pm 61,4$  s. Une légère augmentation a été observée par la suite à 12 h ( $219,1 \pm 81,4$  s) et à 24 h ( $254,9 \pm 65,5$  s). Enfin, une légère diminution ( $167,2 \pm 73,4$  s) a été marquée à 36 h après la naissance (figure 51).

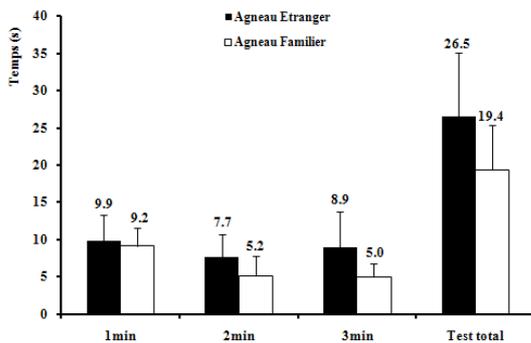
### III.4. Attachement mère-jeune

#### III.4.1. Sélectivité maternelle

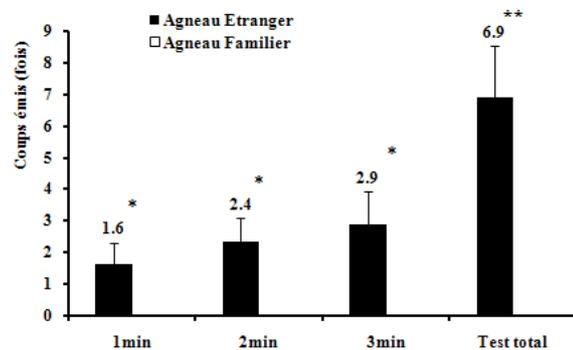
Le test de sélectivité a été réalisé sur un lot de 13 brebis D'man multipares entre 12 et 24 h postpartum. Le temps de léchage et/ou de flairage de l'agneau calculé durant le test est

légèrement supérieur quand la brebis est en contact de l'agneau étranger par rapport au familial (26,5 s contre 19,4 s, respectivement) bien que la différence soit non significative (figure 52). Les brebis émettent des coups de tête uniquement dès qu'elles sont mises en contact avec l'agneau étranger. Aucun coup n'a été observé après le retrait de l'agneau étranger et son remplacement avec le familial. De plus, le nombre moyen de coups exprimé par la brebis envers l'agneau étranger a marqué une augmentation (de 1,6 à 2,9 fois) entre la première et la troisième minute du test (figure 53).

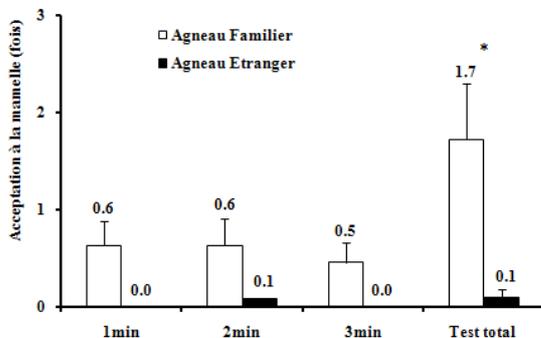
Le comportement de recherche de la mamelle est rarement exprimé. La brebis a accepté l'agneau familial à la mamelle moins d'une fois par minute. Par contre, une seule brebis sur l'ensemble a accepté l'agneau étranger à la mamelle une fois pendant la totalité du test (figure 54). Ainsi, les brebis ont accepté à la mamelle en moyenne 1,7 fois l'agneau familial pendant la totalité du test contre uniquement 0,1 fois l'agneau étranger ( $P < 0,05$ ). Ceci peut se justifier par un comportement de refus à la mamelle, comportement qui est absent en présence de l'agneau familial, et exprimé uniquement en présence de l'agneau étranger de l'ordre de 0,6 fois en moyenne pour l'ensemble de brebis et pendant tout le test (figure 55).



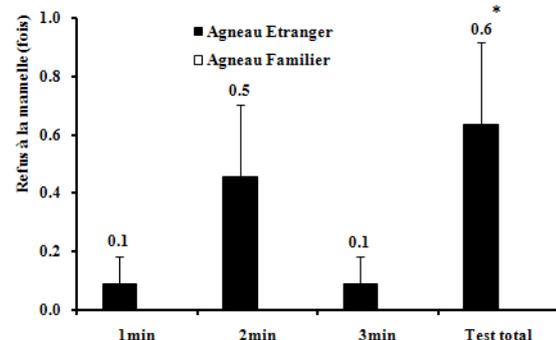
**Figure 52:** Temps de léchage et/ou flairage du jeune lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man.



**Figure 53:** Coups émis envers l'agneau lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man.



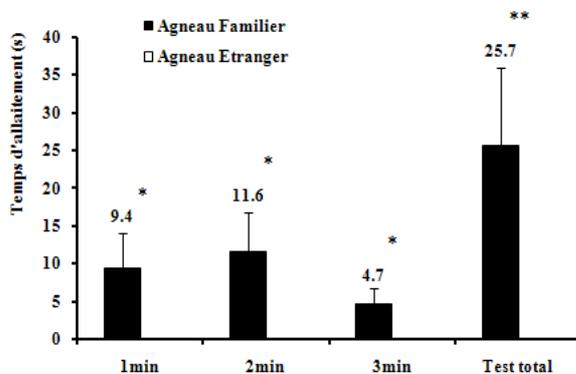
**Figure 54:** Acceptation à la mamelle de l'agneau lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man.



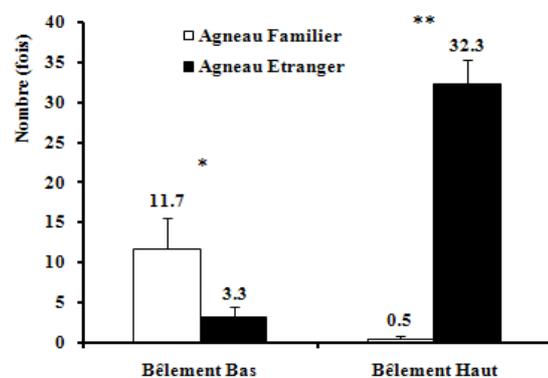
**Figure 55:** Refus à la mamelle de l'agneau lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man.

Le temps moyen d'allaitement est de l'ordre 9,4, 11,6 et 4,7 s respectivement pendant la première, la deuxième et la troisième minute du test. Pendant la totalité du test, les brebis ont réservé un temps d'allaitement en moyenne égal à 25,7 s alors que les agneaux étrangers n'ont pas bénéficié d'allaitement chez les brebis testées (figure 56).

Durant le test, les brebis ont émis plus fréquemment des bêlements hauts (forte intensité, émis bouche ouverte) en présence de l'agneau étranger (32,3 vs 3,3;  $P < 0,05$ ) que des bêlements bas (faible intensité, émis bouche fermée). Cependant, dès la réunion avec l'agneau familial, c'est le cas inverse qui est observé et les bêlements bas deviennent plus fréquents (11,7 vs 4,1;  $P < 0,05$ ) par comparaison aux bêlements hauts (figure 57).



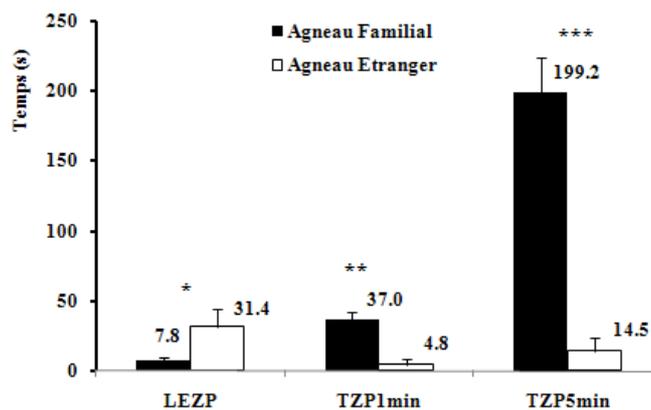
**Figure 56:** Temps d'allaitement lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man.



**Figure 57:** Comportement de bêlements lors du test de sélectivité chez 11 brebis D'man.

### III.4.2. Reconnaissance du jeune par la mère

Les résultats du test de reconnaissance du jeune par la mère sont décrits dans la figure 58. La latence d'entrée dans la zone de proximité du familier est inférieure ( $7,8 \pm 2$  s;  $P < 0,05$ ) à celle de l'étranger ( $31,4 \pm 13,1$  s). Le temps passé dans la zone à proximité du familier pendant la première minute du test est plus important ( $37 \pm 5,3$  s;  $P < 0,01$ ) par comparaison au temps passé près de l'étranger ( $4,8 \pm 3,41$  s). Durant la totalité du test (5 min), les brebis ont passé plus de temps ( $199,2 \pm 24,6$  s;  $P < 0,0002$ ) près du familier que près de l'étranger ( $14,5 \pm 9,9$  s).

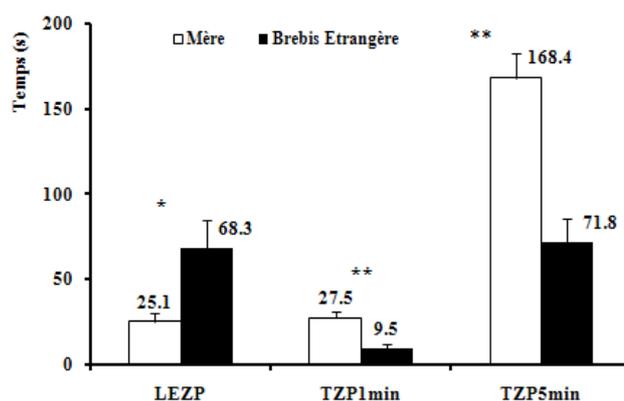


**Figure 58:** Test de reconnaissance du jeune par la mère chez 11 brebis D'man (LEZP: latence d'entrée dans la zone de proximité; TZP: temps passé dans la zone proximité).

### III.4.3. Reconnaissance de la mère par le jeune

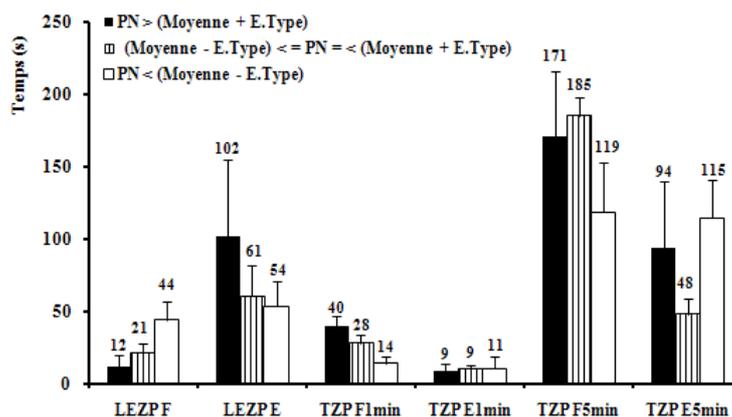
Les résultats du test de reconnaissance de la mère par l'agneau nouveau-né sont présentés dans la figure 59. La latence d'entrée de l'agneau dans la zone de proximité de la mère est plus faible ( $25,1 \pm 5,6$  s;  $P < 0,05$ ) par comparaison à la latence d'entrée dans la zone de proximité de l'étrangère ( $68,3 \pm 16,6$  s).

Pendant la première minute du test, le temps passé à proximité de la mère est plus important ( $27,5 \pm 3,9$  s;  $P < 0,01$ ) que celui passé à proximité de la brebis étrangère ( $9,5 \pm 2,5$  s). De même, durant la totalité du test, les agneaux sont restés plus longtemps ( $168,4 \pm 14,4$  s;  $P < 0,001$ ) dans la zone de proximité de la mère que dans celle de la brebis étrangère ( $71,8 \pm 13,5$  s).



**Figure 59:** Test de reconnaissance de la mère par le jeune chez 19 agneaux D'man (LEZP: latence d'entrée dans la zone de proximité; TZP: temps passé dans la zone de proximité).

La reconnaissance de la mère par l'agneau en fonction du poids de naissance est présentée dans la figure 60.



**Figure 60:** Reconnaissance de la mère par l'agneau selon le poids de naissance chez 19 agneaux D'man (**LEZPF**: latence d'entrée dans la zone de proximité de la mère; **LEZPE**: latence d'entrée dans la zone de proximité de l'étrangère; **TPZF**: temps passé dans la zone de proximité de la mère; **TPZE**: temps passé dans la zone de proximité de l'étrangère).

Les agneaux ayant un poids à la naissance élevé entrent plus rapidement dans la zone de proximité de leur mère ( $11,7 \pm 7,5$  s) comparés aux agneaux ayant des poids intermédiaires ( $20,8 \pm 6,7$  s) ou faibles ( $44 \pm 13,2$  s). Inversement, les agneaux ayant un poids élevé à la naissance entrent plus tardivement ( $102,3 \pm 52,5$  s) dans la zone de proximité de la brebis étrangère, par comparaison aux agneaux de poids intermédiaire ( $60,7 \pm 21,6$  s) ou faible ( $53,5 \pm 17,6$  s) mais les différences ne sont pas significatives. De plus, les agneaux de poids lourd sont restés plus de temps à proximité de leurs mères pendant la première minute du test (40 s) par comparaison aux agneaux de poids intermédiaires (28 s) et léger (14 s). De même, une légère supériorité a été remarquée en termes du temps passé près de la mère pendant tout le test pour les agneaux de poids lourd (171 s) et médium (185 s) par comparaison aux agneaux de poids léger (119 s). Par contre, les agneaux de poids léger sont restés plus de temps près de la brebis étrangère pendant tout le test (115 s) par comparaison aux agneaux de poids lourd (94 s) et de poids médium (48 s).

## IV. Discussion

### IV.1. Processus de la parturition

La mise-bas de la brebis D'man dure environ un quart d'heure avec des variations selon la saison, la taille de portée et la parité. Des observations similaires ont été rapportées chez les brebis prolifiques Romanov et Finnsheep (Fahmy et al., 1997) et les brebis Booroola  $\times$  Mérinos (Owens et al., 1985). Les brebis Mérinos élevées en plein air mettent plus d'une heure pour mettre bas (Bickell et al., 2009). La durée de la mise-bas chez la brebis D'man primipare est plus courte que chez la multipare. Ceci est également observé chez les brebis Romanov, Finnsheep et Suffolk (Fahmy et al., 1997). La brièveté de la mise-bas chez la

brebis D'man primipare peut en partie s'expliquer par une faible prolificité. Ainsi, plus il y a des fœtus, plus longue sera la durée de mise-bas et l'incidence des dystocies est élevée. Cependant, des longues mise-bas s'observent chez les brebis primipares à cause des canaux de naissance plus étroits (Lynch et al., 1992; Bickell et al., 2009).

Les présentations anormales relativement fréquentes lors d'expulsion du fœtus peuvent contribuer au taux élevé de la mortalité natale des agneaux D'man. Ces cas de dystocie sont liés aux faibles dimensions pelviennes des brebis primipares (Cloete et al., 1998), l'immaturation du fœtus et le déficit alimentaire pendant la gestation (Dwyer et al., 2003). Ainsi, la préparation alimentaire des brebis à la mise-bas et la disponibilité d'une personne pour surveiller les agnelages sont de grande importance afin de réduire les risques susmentionnés.

L'intervalle entre deux naissances successives chez la brebis D'man est de l'ordre de 12 min. Elle est plus faible par comparaison aux valeurs citées par Fahmy et al. (1997) chez les brebis Romanov (40 min), Suffolk (35 min) et Finnsheep (27 min). En effet, plusieurs facteurs influent sur l'intervalle entre deux naissances. Chez la brebis de portée multiple, le premier fœtus demande plus de temps à être expulsé par comparaison aux fœtus suivants (Holmes, 1976; Atroshi et Osterberg, 1979; Owens et al., 1985) à cause du temps nécessaire pour la dilatation du cervix et du vagin (Owens et al., 1985; Fahmy et al., 1997).

Malgré le synchronisme des variations de pression intra-utérine chez la brebis gestante, une des deux cornes peut développer des contractions dont l'amplitude, la durée (Hindson et al., 1968) et la fréquence (Hindson et Ward, 1973) sont plus élevées par rapport à l'autre. De cette corne, dite dominante, le fœtus est expulsé le premier. Cette régulation locale de l'activité utérine est indirectement contrôlée par le développement placentaire car le fœtus dominant est celui dont les membranes occupent la majeure partie du corps utérin (Hindson et Schofield, 1969).

#### **IV.2. Vigueur de l'agneau nouveau-né**

L'activité locomotrice et le comportement de tétée sont des critères importants pour désigner la vigueur chez l'agneau nouveau-né (Fahmy et al., 1997; Wassmuth et al., 2001). La latence entre la naissance et la tentative pour se mettre debout chez les agneaux D'man est d'environ 12 min. Une valeur proche (14 min) a été rapportée chez les agneaux Scottish Blackface (Dwyer et al., 2003). Selon Darwish et al. (2010), les agneaux Rahmani et Rahmani × Finnish tendent à se mettre debout plus rapidement (4 min). Cette rapidité est liée à un poids de naissance élevé puisqu'il s'agit d'une race non prolifique. La latence pour se tenir debout

de manière stable chez les agneaux D'man se rapproche de 20 min. Cette valeur est située dans la marge (10-30 min) décrite chez l'agneau nouveau-né (Rensing, 1985; Wassmuth et al., 2001).

La plupart des études ont montré que les agneaux se lèvent et tètent pour la première fois dans l'heure qui suit leur naissance (Arnold et Morgan, 1975; Poindron, 1981; Owens et al., 1985). La latence de recherche de la mamelle calculée chez les agneaux D'man (25 min) est proche à celle des agneaux Rahmani et croisés Rahmani × Finnish (Darwish et al., 2010). Des tendances de recherche de la mamelle plus tardives (50 min) ont été décrites chez les agneaux Scottish Blackface (Dwyer et al., 2003). De même, les agneaux prolifiques Romanov demandent plus d'une heure pour atteindre la position debout et téter efficacement (Fahmy et al., 1997).

Le succès pour se tenir debout, la localisation de la mamelle et l'ingestion rapide du colostrum sont des indices de la vigueur qui conditionnent la survie de l'agneau (Alexander, 1958; Cloete, 1993; Wassmuth et al., 2001; Dwyer et al., 2003). Il est à remarquer que la tétée n'est pas uniquement un comportement alimentaire, les toutes premières tétées après la naissance sont également favorables au développement du lien d'attachement mère-jeune (Nowak et Poindron, 2006).

Les traits de comportement suivis chez l'agneau D'man ont montré une variabilité importante ce qui peut refléter l'implication de plusieurs facteurs autre que le génotype (Slee et Springbett, 1986; Fahmy et al., 1997). L'expression du comportement de recherche de la mamelle chez les agneaux D'man est tardive pendant l'hiver par comparaison au printemps, l'été et l'automne. Ceci peut être expliqué par l'influence des températures environnementales froides pouvant avoir un effet inhibiteur sur l'activité néonatale (Slee et Springbett, 1986).

### **IV.3. Développement et maintien de la relation mère-jeune**

#### **IV.3.1. Comportement maternel**

Chez la brebis, la période qui suit la parturition est très riche en communication vocale. L'étude du comportement chez la brebis D'man à différents moments après la mise-bas nous a permis de caractériser la dynamique du développement du comportement maternel. Cependant, cette étude est préliminaire à raison d'un effectif réduit des brebis testées et d'une taille de portée moyennement faible ne reflétant pas les spécificités de cette race. Ainsi, cette étude mérite d'être complétée par d'autres études plus précises sur un effectif représentatif des brebis multipares élevées dans les mêmes conditions afin de pouvoir conclure l'effet de taille de portée sur l'expression du comportement maternel.

Les bêlements émis à voix basse par la brebis D'man sont abondants au cours des 6 h après la mise-bas puis ils diminuent progressivement. Des observations similaires ont été rapportées chez d'autres races. La brebis émet exclusivement des bêlements bas lors des premiers contacts avec le nouveau-né (Sèbe et al., 2007; Darwish et al., 2010). Les bêlements bas sont des éléments spécifiques du déclenchement de comportement maternel (Poindron et Le Neindre, 1980; Lynch et al., 1992; Dwyer et al., 1998) et sont souvent accompagnés par le comportement de léchage, ce qui semble calmer l'agneau. Ils sont également utiles pour la reconnaissance de la mère par le jeune (Nowak, 1996, Sèbe et al., 2007).

Les bêlements hauts enregistrés chez la brebis D'man sont plus abondants entre 12 et 24 h après la mise-bas. Ce type de communication reflète la communication à distance entre la brebis et son agneau (Sèbe et al., 2011). Par ce moyen, la brebis recherche les autres membres de sa portée qui risquent de s'éparpiller dans les heures qui suivent la naissance, et cela incite les agneaux à venir téter ce qui démontre l'existence d'une relation entre le nombre de bêlement haut et le temps de tétée. Ceci est supporté par l'augmentation de la fréquence d'accès à la mamelle et le temps de tétée pour l'ensemble de portée entre 24 et 36 h après la mise-bas.

#### **IV.3.2. Comportement néonatal**

L'étude du comportement chez les agneaux D'man nouveau-nés à différents moments après la naissance nous a permis de caractériser la dynamique du développement du comportement néonatal. Malheureusement, cette étude a concerné un effectif réduit des agneaux ce qui minimise la généralisation des résultats obtenus. Les vocalisations sont importantes chez l'agneau D'man à 12 h après la naissance, diminuent à 24 h et augmentent à 36 h. De telles observations sont difficiles à expliquer mais peuvent traduire le rythme veille-sommeil fréquemment vécu par l'agneau au cours des premiers jours de sa vie. En effet, l'activité vocale exprimée en particulier par des bêlements de faible intensité est plus importante pendant les premières heures de vie (Shillito-Walser et al., 1982a et b; Dwyer et al., 1998; Sèbe et al., 2007). Comme pour les autres races, l'agneau D'man tend à explorer le corps de sa mère dans les premières heures qui suivent la naissance afin de localiser les tétines et boire le colostrum, puis il se couche et ne se relève ponctuellement que pour téter sa mère.

L'importance de la communication vocale entre la brebis et le nouveau-né est en faveur d'un apprentissage postnatal de l'agneau (Sèbe et al., 2007). Chez les races prolifiques, la période postnatale présente une importance pour l'expression du comportement maternel et la mise en place de l'attachement mère-jeune. Le lot des brebis étudié à la station de l'IRA à

Chenchou est élevé dans des conditions optimales puisque les animaux sont maintenus en box individuel; cela favorise donc les échanges mère-jeune et la cohésion de la portée. A l'inverse, les conditions d'élevage à la ferme de l'OEP ne répondent pas à cette exigence ce qui peut conduire à l'apparition des comportements aberrants comme l'abandon d'un jeune observé dans plusieurs cas (données non publiées).

#### **IV.3.3. Attachement mère-jeune**

La sélectivité des brebis D'man a été testée vers 24 h après la mise-bas en conditions intensives d'élevage à la ferme expérimentale de l'IRA à Chenchou. Les brebis ont manifesté un comportement de flairage et de léchage important envers l'agneau étranger prouvant l'importance de l'olfaction pour une discrimination à proximité du jeune par la mère. Après avoir identifié l'agneau comme étranger, des coups de tête ont été émis envers cet agneau, en particulier pendant la dernière minute du test, ce qui n'a jamais été observé lorsque la brebis est en présence de son propre agneau. Des observations similaires ont signalé l'importance des critères olfactifs lors de la reconnaissance proximale du jeune chez les ovins d'autres races ainsi que chez les caprins (Poindron et Le Neindre, 1980; Keller et al., 2003; Lévy et al., 2004; Poindron et al., 2007). La mise en place d'un comportement maternel sélectif repose sur des critères olfactifs même si par la suite d'autres sensorialités peuvent aussi jouer comme l'ouïe (Nowak, 1998).

Par ailleurs, les bêlements hauts émis par la brebis D'man en présence d'un agneau étranger sont plus fréquents que les bêlements bas. Ce comportement, manifesté envers l'étranger, est accompagné d'un refus à l'allaitement. Dès que l'agneau étranger est retiré puis remplacé par un agneau familier, la brebis montre l'acceptation à la mamelle en émettant plus fréquemment des bêlements bas que des bêlements hauts. Le maintien de bêlements hauts même après la réunion avec un agneau familier peut s'expliquer par la recherche d'autres agneaux et une éventuelle reconnaissance de la taille de sa portée. On ne peut non plus exclure un comportement de stress lié à la situation expérimentale elle-même qui pourrait rendre les brebis inquiètes.

Le test de choix chez les brebis D'man effectué vers 48 h après la mise-bas a montré une préférence pour l'agneau familier par comparaison à l'étranger. La reconnaissance à distance du jeune sur la base des signaux visuels et acoustiques peut se développer entre 6 et 24 h après la mise-bas selon l'expérience maternelle (Keller et al., 2003). De même, les agneaux D'man ont montré une préférence nette pour leurs mères par comparaison à la brebis étrangère. L'agneau reconnaît sa mère très tôt, entre 12 et 24 h après la naissance sur la base

des signaux acoustiques et visuels (Nowak et al., 1990). Il est important de signaler que la reconnaissance de la mère est influencée par le poids à la naissance de l'agneau. A cause de leur faible poids, le comportement néonatal et la reconnaissance de la mère peuvent être retardé chez les agneaux D'man multiples ce qui risque d'entraîner des problèmes de survie comme le cas chez d'autres races (Nowak et Lindsay, 1990; Dwyer, 2003).

## **V. Conclusion**

L'acquisition de connaissances sur le processus de la parturition et l'attachement mère-jeune chez une race ovine prolifique comme la D'man est d'un intérêt considérable pour la gestion de sa conduite dans les oasis tunisiennes. La surveillance des agnelages a permis de détecter une proportion importante des mauvaises présentations lors de l'expulsion du fœtus. Cela pourrait expliquer même en partie le taux élevé des mort-nés. L'expression du comportement de recherche de la mamelle chez le nouveau-né est plus tardive pendant l'hiver. Ce retard s'explique surtout par une forte incidence de l'hypothermie à cause des faibles températures hivernales. Les bêlements bas sont émis très tôt après la mise-bas puis ils diminuent progressivement, alors que les bêlements hauts sont exprimés plus tardivement. Comme chez la mère, les vocalisations émises par le nouveau-né sont importantes dans les 12 h après la naissance. La communication vocale entre la brebis et son agneau est en faveur d'un apprentissage du partenaire. La sélectivité maternelle montre l'importance des critères olfactifs pour la discrimination du jeune. La brebis montre une préférence nette pour l'agneau familial mis en situation de choix avec un étranger. De même, l'agneau exprime une préférence pour sa mère qui augmente avec le poids de naissance.

L'étude du comportement du couple mère-jeune a été effectuée à l'IRA sur un lot d'animaux dont les conditions furent optimales pour développer la relation mère-jeune, en l'occurrence, la disponibilité d'un box dont le séjour du couple mère-jeune dépasse deux jours après la mise-bas. Ceci permet à la brebis et aux agneaux de ne pas se séparer, les nouveau-nés ont un accès direct à la mamelle, et la reconnaissance mère-jeune se met en place facilement. Dans ces conditions, nous n'avons pas détecté de comportements aberrants ni chez la brebis ni chez l'agneau nouveau-né. Par contre, les conditions d'élevage à la ferme de l'OEP ne répondent pas à des telles exigences, ce qui a contribué à l'apparition de problèmes du comportement tels que le rejet du jeune en particulier en cas de grandes portées (> 3 agneaux).

## **Partie 3: DISCUSSION GÉNÉRALE**

---

## **DISCUSSION GÉNÉRALE**

### **I. Performances et mortalité des agneaux D'man**

L'élevage intensif des ovins D'man en race pure, pratiqué dans les oasis tunisiennes pendant plusieurs années, a contribué sans doute à la diversification de revenus, la création des offres d'emploi et la satisfaction des sociétés humaines en protéines animales.

D'après notre étude, le nombre d'agneaux élevés jusqu'au sevrage vers l'âge de 70 jours (1,8 agneau/brebis) est important. Il en résulte une productivité pondérale globale de l'ordre de 22 kg par agnelage. Si on considère le rythme d'agnelage considéré (3/2 ans), chaque brebis donne 33 kg par an en termes de productivité pondérale. Les brebis D'man ont une productivité pondérale plus élevée par comparaison aux races locales comme la Babarine et la Queue Fine de l'Ouest (Rekik et al., 2011) dont la productivité demeure relativement faible à 70 jours (17,6 kg et 17,9 kg). L'importance de la productivité des brebis D'man repose sur une prolificité élevée et l'accroissement du rythme de reproduction qui ont été largement explorées dans les oasis et les périmètres, en particulier dans la région de Gabès. Le développement des cultures fourragères comme la luzerne et le sorgho, la disponibilité de l'aliment concentré fabriqué à l'usine de Chenchou et les services sanitaires assurés par des vétérinaires privés sont des éléments de réussite de l'élevage D'man. En plus, les pratiques d'élevage des brebis D'man acquises par les agents de l'OEP sur une longue durée ont permis de diffuser aux éleveurs une technicité par la sensibilisation et l'organisation des visites à la ferme.

Cependant, l'exploration du potentiel reproductif des brebis D'man et l'accélération de rythme d'agnelages posent question en ce qui concerne la survie et le bien-être des animaux. L'augmentation du coût lié à l'alimentation, les faibles performances de croissance et la mortalité des jeunes demeurent les principales contraintes pour les éleveurs. En effet, le mode de conduite des animaux, même s'il répond aux besoins nutritionnels des brebis gestantes, ne résout pas les effets néfastes d'une prolificité élevée et d'un rythme accéléré des agnelages qui contribuent à l'épuisement des performances reproductives des femelles. Ceci se justifie par un faible poids de naissance dont la moyenne ne dépasse pas 2,7 kg. Bien que nos observations soient comparables aux valeurs rapportées chez les agneaux D'man à l'échelle du Maroc (Boujenane et al., 1982; Berger et al., 1989; Boujenane et Kansari, 2002), une grande variabilité du poids à la naissance a été signalée avec une forte hétérogénéité intra-portée. Nous avons remarqué une proportion importante (40%) des agneaux ayant un poids à la naissance plus faible que la moyenne dont 4% de poids inférieur à 1,5 kg ce qui reflète

l'implication de plusieurs facteurs. Selon la taille de portée, la régression du poids à la naissance atteint 16% en moyenne pour les jumeaux, 28% pour les triplets et 40% pour les quadruplets ou plus par rapport aux agneaux nés simples. L'effet de la taille de portée se traduit par l'inhibition de la croissance fœtale à travers la compétition intra-utérine sur les nutriments (Wallace, 1948; Robinson et al., 1977; Villette et al., 1984) et par la réduction du nombre de cotylédons par fœtus (Rhind et al., 1980). Par ailleurs, nous remarquons que les agneaux qui naissent au printemps ont des poids élevés alors que ceux nés en été ont des faibles poids. Les conditions climatiques sont optimales au printemps ce qui favorise la croissance fœtale et l'augmentation du poids de naissance (London et Weniger, 1996). Le faible poids des agneaux D'man qui naissent de jeunes brebis est une information à considérer lors du choix des animaux pour la reproduction. Le poids des agnelles et leur âge au moment de la lutte ont des effets sur les performances des agneaux. Les aptitudes des brebis à élever des agneaux sont étroitement liées à leur expérience maternelle et à la productivité laitière (Duguma et al., 2002; Taye et al., 2010).

Les poids vifs estimés à 30 et 70 jours chez les agneaux D'man sont faibles (6,9 kg et 12 kg). Des études précédentes à l'échelle de la Tunisie (Rekik et al., 2008; Rekik et al., 2005) et de Maroc (Boujenane et Kansari, 2002) ont rapporté des valeurs similaires. Les vitesses de croissance réalisées entre 30 et 70 jours (125 g/j) chez les agneaux D'man sont faibles par comparaison aux performances de croissance décrites chez les agneaux des races Barbarine (130-160g/j), Queue Fine de l'Ouest (130-160 g/j) et Noir de Thibar (160-200 g/j) (Rekik et al., 2005). En plus de la prolificité élevée, la faiblesse de la croissance chez les agneaux D'man peut s'expliquer par la faible productivité laitière et les croisements consanguins qui limitent le potentiel de croissance des agneaux (Rekik et al., 2011). Les poids élevés à la naissance et à 30 jours chez les agneaux qui naissent en printemps se répercutent positivement sur les vitesses de croissance qui sont plus importantes par comparaison à l'hiver et l'automne. Ces observations sont en accord avec des résultats précédents (Al-Shorepy et Notter, 1998; Gootwine et Rozov, 2006). Les agneaux nés de jeunes brebis (< 2 ans) ont des faibles vitesses de croissance par comparaison à ceux nés de brebis âgées (2 à 6 ans). Une bonne expérience maternelle et une production laitière suffisante sont en faveur d'une croissance optimale des agneaux jusqu'au sevrage (Fall et al., 1982; London et Weninger, 1996; Boujenane et Kansari, 2002).

Les grandes portées (quadruples et quintuples), les mise-bas estivales et la mise en reproduction des jeune brebis ont contribué à la diminution des performances des agneaux D'man. Le taux élevé (13,4%) de la mortalité juvénile est la conséquence de la réduction du

poids à la naissance. Le faible poids de naissance demeure le facteur de risque le plus important et reconnu dans l'ensemble de la littérature (Smith, 1977; Yapi et al., 1990; Fogarty et al., 2000). Les agneaux ayant un poids égal ou inférieur à 1,5 kg meurent dans 52% des cas, alors ceux des poids plus élevés ( $1,5 \text{ kg} < \text{PN} \leq 2,5 \text{ kg}$ ;  $2,5 \text{ kg} < \text{PN} \leq 3,5 \text{ kg}$  et  $\text{PN} \geq 3,5 \text{ kg}$ ) ont des faibles taux de mortalité (respectivement 17,7%, 6,7% et 1,8%). Le taux élevé de la mortalité des agneaux D'man quadruplets et quintuplés par comparaison aux simples (31,3% vs 3,9%) est la résultante de leur faible poids de naissance. La relation négative entre la taille de portée et la survie a été signalée chez plusieurs races ovines prolifiques (Hinch et al., 1985; Gama et al., 1991; Young et Dickerson, 1991; Fogarty et al., 2000; Kleemann et Walker, 2005). Le taux élevé de la mortalité observé pendant l'hiver (23,5%) par comparaison au printemps (12,3%), l'automne (10,2%) et l'été (9,5%) résulte de l'incidence d'hypothermie à cause des pertes excessives de la chaleur et l'épuisement des réserves corporelles chez le nouveau-né. Les agressions environnementales qui font face à la survie des agneaux D'man sont multiples en hiver telles que les faibles températures ambiantes, le vent et la pluie.

Nous avons observé un taux élevé (41%) de mortalité pendant la période qui s'étale sur les dix premiers jours de vie parmi un taux global de l'ordre de 13,4% jusqu'au sevrage. Ce taux est plus ou moins comparable aux résultats de Boujenane et al. (2003) chez les agneaux D'man (54%), Sardi (50%), et Sardi  $\times$  D'man (58,6%) pour la même période. De même, Mandal et al. (2007) ont rapporté des taux élevés de la mortalité chez les agneaux Muzaffarnagari de l'ordre de 20%, 28,7% et 8%, respectivement pendant les 3 premiers jours, la première et la deuxième semaine de vie.

Les performances des agneaux D'man sont influencées par une multitude de facteurs comportant la saison de naissance, la taille de portée et le poids à la naissance. L'étalement des agnelages sur une longue période pouvant atteindre quarante cinq jours rend la charge liée à la main d'œuvre plus élevée. La synchronisation de chaleurs est une technique fiable qui peut avoir des perspectives en diminuant la charge de surveillance humaine. Pendant, la période postnatale, les risques de la mortalité des agneaux D'man sont nombreux.

## **II. Vigueur du nouveau-né, physiologie périnatale et effets sur la survie et la croissance**

La vigueur du nouveau-né, les changements physiologiques postnatals ont été étudiés chez les agneaux D'man en relation avec leurs effets sur la survie et la croissance jusqu'à l'âge d'un mois. Les grandes variations de la température rectale au premier jour de vie s'expliquent par plusieurs effets. La transition d'une vie intra-utérine protégée vers une vie extra-utérine aérienne, les différences individuelles du poids de la naissance et la chute de la

température ambiante pendant l'hiver sont les principaux facteurs de variation de la température rectale chez l'agneau (Wassmuth et al., 2001). L'augmentation de la température rectale à 24 h après la naissance est un phénomène physiologique naturel indispensable pour le maintien de la thermorégulation. Elle est liée à un niveau métabolique élevé (Symond et al., 1995), l'ingestion du colostrum (Eales et Small, 1981; Hamadeh et al., 2000) et la production de chaleur (Gunn et Gluckman, 1995; Dwyer et Morgan, 2006). Les faibles températures rectales observées à l'âge d'un à deux jours chez les agneaux D'man nés en hiver par comparaison à l'été et l'automne reflètent des problèmes de thermorégulation. Nos observations sont en accord avec celles de Dwyer et Morgan (2006) qui ont rapporté que la chute de la température ambiante aboutit à la diminution de la température corporelle et compromet le comportement néonatal chez l'agneau. Les agneaux D'man quadruplets et quintuplés ont des faibles températures rectales par comparaison aux simples et aux jumeaux. Ceci s'explique principalement par un faible poids de naissance (Ekpe et Christopherson, 2000; Doubek et al., 2003; Mellor et Stafford, 2004) et des réserves corporelles réduites (Dwyer et Morgan, 2006). De même, le rapport élevé surface corporelle/poids de naissance observé chez les agneaux multiples accentue leur perte de chaleur et contribue à la diminution de leur température corporelle. Cette perte de chaleur se produit en particulier pendant les six premières heures de vie de l'agneau à cause d'une toison mouillée par les fluides fœtaux (Alexander, 1962a; Mount et Stephens, 1970). Un rapport élevé surface corporelle/poids de naissance constitue un véritable indice de faiblesse physique et donc un risque de mortalité.

Les agneaux nés de brebis primipares ont des températures rectales basses pendant les premières heures de vie. Ceci est lié au faible poids de naissance, aux réserves corporelles réduites et éventuellement aux troubles de comportement maternel chez les primipares, en particulier le manque de léchage du nouveau-né. Ce dernier élément peut être accentué par le mode d'élevage pratiqué qui consiste à élever les brebis primipares dans l'ensemble du troupeau sans qu'elles bénéficient de l'accès à un box d'agnelage. La faiblesse de la température rectale pendant les premières heures de vie est surmontée par l'ingestion de quantités suffisantes de colostrum après l'âge d'un jour surtout dans le cas d'une faible taille de portée. Souvent, les brebis primipares produisent un seul agneau par portée et rarement deux, alors que les grandes portées (triples, quadruples et quintuples) sont observées chez les brebis multipares. Ainsi, même si les brebis D'man primipares ont une faible production de colostrum, les quantités disponibles par agneau sont certainement plus importantes par comparaison aux multipares.

L'augmentation de la glycémie signalée chez l'agneau D'man après la naissance est indispensable pour la thermorégulation et toute insuffisance mène à l'hypothermie. Des observations similaires ont été rapportées par Mellor et Stafford (2004). L'augmentation du taux de glucose résulte de la digestion du lactose de colostrum fourni au nouveau-né, dès les premiers repas, un apport exogène de glucose (Thompson et al., 2006). Le taux élevé de la glycémie après deux jours de vie chez les agneaux D'man naissant en hiver par comparaison à l'été est en faveur de l'utilisation excessive des sources énergétiques pour produire de chaleur et lutter contre le froid. Ces hypothèses ont été vérifiées par Alexander (1974). Nos résultats montrent que les agneaux D'man simples et doubles ont des taux de glycémie plus élevés par comparaison aux triplets, quadruplets et quintuplés. Ceci est lié à un poids de naissance plus élevé et l'ingestion des quantités du colostrum plus importantes (Stafford et al., 2007; Doaa et al., 2009). Par ailleurs, les agneaux multiples font souvent l'objet de déficit transplacentaire des nutriments pendant leur vie fœtale ce qui limite les réserves corporelles et réduit le poids de naissance (Kenyon et al., 2005).

Selon notre étude, la concentration plasmatique des protéines augmente chez les agneaux D'man d'environ 25% entre le premier et le deuxième jour de naissance. Cette augmentation résulte principalement de l'absorption du colostrum riche en immunoglobulines (Chen et al., 1999; Nowak et Poindron, 2006). Les agneaux simples et jumeaux ont plus de protéines plasmatiques par comparaison aux quintuplés et ceci grâce à l'ingestion de quantités plus importantes du colostrum.

La diminution du cortisol plasmatique après la naissance chez les agneaux D'man a été observée dans des études récentes chez les races Scottish Blackface, Suffolk et Mérinos (Dwyer et Morgan, 2006; Miller et al., 2009). Le pic prénatal du cortisol est impliqué dans la maturation des mécanismes indispensables pour la transition d'une vie utérine à la vie externe. En effet, la diminution du cortisol après la naissance coïncide avec la sécrétion croissante des hormones thyroïdiennes (Symonds et al., 1989) contribuant au maintien de la température corporelle (Symonds et al., 1992).

Nous avons signalé une légère augmentation des concentrations plasmatiques de cholestérol et de triglycérides après la naissance chez les agneaux D'man. Ceci est lié à l'absorption du colostrum très riche en acides gras. Plusieurs études ont montré la même tendance chez le porcelet, le veau et l'agneau (Mersmann et MacNeil, 1985; Blum et al., 1997; Bittrich et al., 2002; Oztabaki et Ozpinar, 2006).

L'augmentation des IgG plasmatiques chez les agneaux D'man après la naissance est liée à l'ingestion du colostrum très riche en IgG. Cette richesse décroît rapidement avec le

temps soulignant ainsi l'importance d'une prise efficace du colostrum pendant les premières heures de vie. Des observations similaires ont été rapportées chez l'agneau et le veau (Hunter et al., 1977; Quigley, 2005; Nowak et Poindron, 2006). La prise immédiate du colostrum est indispensable pour la survie du nouveau-né à cause de la cessation progressive avec l'âge de l'absorption des macromolécules au niveau de l'intestin grêle (Castro-Alonso et al., 2008).

Notre étude a montré que les changements physiologiques qui se produisent après la naissance influent sur la survie et la croissance des agneaux D'man. Le rapport élevé surface corporelle/poids de naissance chez les agneaux D'man qui meurent durant le premier mois de vie est un indice de faiblesse de la vigueur à la naissance. Cette caractéristique affecte négativement la capacité de la thermorégulation par l'augmentation de la perte de chaleur dans les premières heures de vie. Ceci justifie les faibles températures rectales chez les agneaux D'man qui sont morts.

Nous avons remarqué l'importance du cortisol à la naissance chez les agneaux de poids élevé et qui survivent au delà d'un mois par comparaison aux agneaux chétifs et qui meurent pendant cette période. Cette différence peut refléter le statut physiologique beaucoup plus mature chez les agneaux de poids élevé et vigoureux. Ces hypothèses ont été vérifiées chez les agneaux Limousin × Romano (Cabello et Levieux, 1981). Par ailleurs, le cas s'inverse à partir du deuxième jour de vie puisque les agneaux les plus chétifs et qui meurent pendant le premier mois de vie ont des taux de cortisol plus élevés. Ceci est lié aux effets de facteurs stressants prépondérants et qui font face à la survie des agneaux de faible poids comme la faim et le froid. Ces explications sont en accord avec l'étude d'Apple et al. (1995) signalant l'effet du stress sur l'augmentation du cortisol chez les ovins. Nous avons remarqué que les agneaux qui survivent ont plus des protéines plasmatiques, en particulier les IgG, par comparaison aux agneaux qui meurent durant le premier mois. Cette supériorité est liée à l'ingestion de plus grandes quantités du colostrum riche en immunoglobulines comme il a été observé chez les agneaux Karakul et Thalli (Khan et al., 2006). La défaillance du transfert des immunoglobulines est un risque de mortalité des agneaux D'man, en particulier les surnuméraires ayant de faibles poids à la naissance (quadruplets et quintuplés). Le taux des immunoglobulines dans le plasma reflète le transfert des protéines et des facteurs immunitaires de la brebis à l'agneau.

L'importance de la variabilité des paramètres suivis chez les agneaux qui sont morts montre bien que certains individus sont à haut risque. Face aux risques variés, les agneaux D'man s'adaptent différemment selon leur état physiologique, leur poids à la naissance et leur chance d'obtenir suffisamment de colostrum et de lait maternel.

Cette étude nous a permis de détecter des relations positives entre la vitesse de croissance (GMQ<sub>0-10</sub>) et les taux de glycémie et des IgG plasmatiques chez les agneaux D'man. Le développement des agneaux D'man est retardé chez ceux ayant souffert de problèmes de thermorégulation et de transfert des protéines immunitaires via le colostrum pendant leur vie postnatale. Ces hypothèses, soulignant les caractéristiques nutritives et immunologiques du colostrum maternel et son importance pour le développement et la croissance des agneaux, ont été vérifiées chez les ovins (Morgan et al., 2005). Par ailleurs, les relations négatives détectées entre les vitesses de croissance (GMQ<sub>0-10</sub> et GMQ<sub>10-30</sub>) et le taux plasmatiques du cortisol après un jour de naissance suggèrent un lien entre les agressions environnementales et le développement des agneaux D'man surnuméraires (quadruplets et quintuplés). Pendant la période postnatale, les effets de stress altèrent les fonctions biologiques (Habeeb et al., 1992; Silanikove, 1992) et affectent le bien-être des agneaux (Broom et Johnson, 1993).

### **III. Mise-bas, relation mère-jeune et survie des agneaux**

L'étude de la parturition chez les brebis D'man prolifiques nous a permis de définir les traits de la mise-bas chez cette race prolifique. La durée moyenne de mise-bas chez la brebis D'man est similaire à d'autres races prolifiques comme la Romanov et la Finnsheep (Fahmy et al., 1997) et la Booroola Mérimos (Owens et al., 1985). La variabilité importante de ce paramètre reflète l'implication de plusieurs facteurs. Souvent, les brebis primipares donnent un seul agneau ce qui explique une courte durée de mise-bas par comparaison aux multipares pouvant donner naissance jusqu'à cinq agneaux. Des observations similaires ont été rapportées chez les races Romanov, Finnsheep et Suffolk (Fahmy et al., 1997). Les mise-bas de longue durée posent des risques pour la survie des agneaux D'man, en particulier en absence de la surveillance humaine. Cela peut être lié aux faibles dimensions pelviennes chez les brebis primipares (Fogarty et Thompson, 1974; McSporran et Fielden, 1979; Cloete et al., 1998) et à un déficit alimentaire durant la gestation (Dwyer et al., 2003). L'intervalle entre deux naissances chez les brebis D'man montre une variabilité importante (161%). Les mise-bas d'hiver en particulier les grandes portées posent des risques pour la survie du fœtus en allongeant l'intervalle entre deux naissances. Ceci demande d'accentuer la surveillance et d'intervenir pour éviter les risques liés aux mise-bas dystociques.

L'activité locomotrice et le comportement de tétée sont considérés comme des critères importants pour caractériser la vigueur chez l'agneau nouveau-né (Fahmy et al., 1997; Wassmuth et al., 2001). La latence entre la naissance et la première position debout chez les

agneaux D'man est de 11 min. La latence pour se tenir debout de manière stable est égale à 19 min. Le succès pour se tenir debout, la localisation de la mamelle et l'ingestion rapide du colostrum sont étroitement liés à la vigueur de l'agneau et conditionnent par conséquent sa survie (Alexander, 1958; Cloete, 1993; Dwyer et al., 2003). Il est remarqué que la tétée n'est pas uniquement un comportement alimentaire, les toutes premières tétées après la naissance sont également favorables pour le développement des liens mère-jeune (Nowak et Poindron, 2006).

Les traits de comportement suivis chez l'agneau D'man ont montré une variabilité importante. La recherche de la mamelle est tardive chez les agneaux qui naissent en hiver par comparaison au printemps, l'été et l'automne ce qui peut souligner des effets néfastes du froid sur l'expression du comportement néonatal (Slee et Springbett, 1986). Les températures froides induisent une hypothermie qui retarde l'expression correcte du comportement néonatal et risque la survie du nouveau-né.

Cette étude préliminaire sur le comportement de la brebis D'man prolifique nous a permis de caractériser la dynamique du développement de son comportement maternel. L'importance de bêlements bas chez la brebis D'man dans les premières heures après la mise-bas est en faveur du maintien du contact avec le nouveau-né. Cette hypothèse a été validée dans des études récentes (Sèbe et al., 2007; Darwish et al., 2010). Il s'agit des éléments spécifiques annonciateurs du déclenchement du comportement maternel (Poindron et Le Neindre, 1980; Lynch et al., 1992; Dwyer et al., 1998) et qui transmettent au nouveau-né des signaux utiles pour la reconnaissance de la mère (Nowak, 1996, Sèbe et al., 2007). Quand aux bêlements hauts, ils sont abondants un peu plus tard par comparaison aux bêlements bas et semblent impliqués dans la communication à distance à la recherche de l'agneau (Sèbe et al., 2011). Cela incite les agneaux à venir téter leurs mères ce qui justifie l'augmentation de fréquence d'accès à la mamelle et du temps de tétée avec l'âge. L'exploration du corps maternel se voit dès que les agneaux se tiennent debout, suivi des tentatives de recherche des tétines et, enfin de la tétée. Une fois avoir ingéré du colostrum, les agneaux se couchent et ne se relèvent ponctuellement que pour téter leurs mères de nouveau. L'activité vocale exprimée en particulier par des bêlements de faible intensité est plus importante pendant les premières heures de vie chez les agneaux D'man comme c'était le cas pour d'autres races ovines (Dwyer et al., 1998; Sèbe et al., 2007). La communication vocale du nouveau-né immédiatement après la naissance est en faveur d'un apprentissage de ses caractéristiques par la mère. Les fluctuations observées en termes des traits du comportement néonatal chez les agneaux D'man peuvent être dues à la faible taille de l'échantillon étudié.

La période postnatale est critique pour la survie de l'agneau nouveau-né. Au cours de cette période, la brebis et l'agneau développent des liens sur la base des signaux vocaux, visuels et olfactifs (Sèbe et al., 2007). La brebis montre un comportement de flairage et de léchage envers l'agneau étranger prouvant l'importance de l'olfaction lors de la discrimination à proximité du jeune. Après avoir identifié l'agneau étranger, des coups de tête et des bêlements hauts sont la règle associés à des refus d'allaitement. Par contre, la brebis accepte l'allaitement de ses propres agneaux en émettant des bêlements bas. La brebis reconnaît son propre agneau mis en situation de choix avec un étranger à 48 h après la mise-bas ce qui démontre la reconnaissance à distance du jeune. Les agneaux ont montré à leur tour une nette préférence pour leurs mères mises dans une situation de choix parmi des étrangères. Le poids à la naissance peut influencer la reconnaissance de la mère chez les agneaux D'man. Ceci a été décrit par Nowak et Lindsay (1990). A cause de leur faible poids, le comportement néonatal et la reconnaissance de la mère peuvent être retardés chez les agneaux multiples ce qui risque d'entraîner des problèmes de survie (Dwyer, 2003). Ces observations montrent que la brebis au moins, reconnaît ses jeunes à distance sur la base des signaux visuels et acoustiques (Nowak et Lindsay, 1990; Keller et al., 2003).

Le lot des brebis étudiées est élevé dans des conditions optimales avec l'accès des animaux au box individuel favorisant les interactions mère-jeune et la cohésion de la portée. A l'inverse, les conditions d'élevage D'man que ce soit à la ferme de l'OEP ou chez les éleveurs ne sont pas optimales et l'apparition de comportements aberrants comme l'abandon d'un jeune est très probable. Cette étude des liens mère-jeune chez les ovins D'man est préliminaire à cause l'effectif réduit des animaux testés et ainsi qu'une taille de portée moyennement faible et ne reflète pas les spécificités de cette race. Ainsi, ce travail sur le comportement mérite d'être complété sur un effectif plus important d'animaux élevés dans les mêmes conditions.

## **CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

---

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Au terme de ce travail, il paraît clair que l'élevage D'man pratiqué dans les oasis de Gabès se caractérise par une croissance modeste et un taux de mortalité des agneaux élevé. Au sevrage, le poids vif de l'agneau est au alentour de 12 kg et le taux de mortalité est d'environ 13%. Les vitesses de croissance réalisées entre la naissance et 30 jours (137 g/j) et entre 30 et 70 jours (125 g/j) sont faibles. En plus de la prolificité élevée, la faiblesse de cette croissance est liée à la productivité laitière insuffisante et les croisements consanguins qui limitent le potentiel de croissance des agneaux. Les faibles performances sont réalisées chez les agneaux surnuméraires (quadruplets et quintuplés), qui naissent en hiver et en automne et ceux qui naissent de jeunes brebis (< 2 ans). Une bonne expérience maternelle et une production laitière suffisante sont en faveur d'une croissance optimale des agneaux D'man jusqu'au sevrage.

Bien que les performances de croissance demeurent relativement faibles et le taux de mortalité des agneaux est élevé, la productivité pondérale des brbis D'man est plus élevée par comparaison à celles des brebis locales. C'est grâce à ses caractéristiques reproductives que la race D'man se prête facilement à un rythme d'agnelage accéléré permettant d'avoir trois mise-bas tous les deux ans.

Les facteurs de risque de la mortalité des agneaux sont d'ordre zootechnique, environnemental et physiologique. Les agneaux à faible poids de naissance ( $\leq 1,5$  kg), ou multiples (triples, quadruplets et quintuplés) et ceux nés en hiver présentent d'avantage de risque de mortalité. La faible vigueur de ces types d'agneaux est liée, dès la naissance, à un rapport surface corporelle/poids élevé, une température corporelle basse et des faibles concentrations plasmatiques de glucose, de protéines et de cortisol. Les agneaux surnuméraires (quadruplets et quintuplés) naissent souvent immatures et sont moins vigoureux ce qui les prédisposent aux risques de la faim et de l'hypothermie prépondérants dès la naissance.

Les changements physiologiques qui se produisent au travers des trois premiers jours de vie aboutissent au maintien de la thermorégulation et à des niveaux suffisants de glycémie, de protéines totales, de triglycérides et du cholestérol. Cette évolution est primordiale pour la survie, la croissance et le bien-être des agneaux D'man. De plus, le maintien d'une température corporelle adéquate, du taux de glycémie et de protéines de l'immunité à des niveaux suffisants en période postnatale se répercute positivement sur la survie et la croissance jusqu'au premier mois de vie. Des différences significatives des indices

physiologiques étudiés ont été observées. Les agneaux qui meurent ont des faibles températures rectales ainsi que des faibles concentrations plasmatiques de glucose et de protéines totales. Les agneaux qui meurent entre la naissance et l'âge d'un mois se distinguent par une variabilité importante des indices physiologiques néonataux reflétant leur état de maturité différent. De même, ils réalisent de faibles vitesses de croissance pendant le premier mois d'âge (GMQ<sub>0-10</sub> et GMQ<sub>10-30</sub>). Les relations négatives détectées entre la vitesse de croissance pendant le premier mois de vie et les taux plasmatiques du cortisol le jour de la naissance illustreraient les effets néfastes des agressions environnementales stressantes et qui altèrent le développement des agneaux surnuméraires (quadruplés et quintuplés).

La surveillance des agnelages nous a permis de détecter une proportion importante des mauvaises présentations lors de l'expulsion du fœtus qui peuvent expliquer le taux élevé des mort-nés. Les mise-bas dystociques et les mises-bas hivernales contribuent au retard de la manifestation du comportement de tétée chez le nouveau-né ce qui accentue les problèmes de thermorégulation. Le suivi du comportement montre que les bêlements bas sont émis très tôt après la mise-bas puis ils diminuent progressivement, alors que les bêlements hauts sont exprimés plus tardivement. Comme chez la mère, les vocalisations émises par le nouveau-né sont importantes dans les 12 h après la naissance. La communication vocale entre la brebis et son agneau est en faveur d'un apprentissage du partenaire. La sélectivité maternelle montre l'importance des critères olfactifs pour la discrimination du jeune. La brebis montre une préférence nette pour l'agneau familial mis en situation de choix avec un étranger. De même, l'agneau exprime une préférence pour sa mère qui augmente avec le poids de naissance.

La maîtrise des facteurs de risque de la mortalité des agneaux D'man élevés dans les conditions des oasis au sud est un enjeu majeur de la rentabilité économique de la filière ovine en Tunisie. De telles connaissances permettent de faire face aux contraintes d'élevage et, plusieurs recommandations peuvent être prises en considération pour l'amélioration de la survie du jeune et contribuer à une gestion rationnelle des animaux. L'amélioration du bien-être des agneaux par la réduction de la mortalité et la réalisation des bonnes performances de croissance est l'objectif principal de ces travaux. A court terme, la distribution d'une alimentation adéquate aux brebis gestantes selon le nombre de fœtus par conception est une voie prometteuse pour l'amélioration du poids à la naissance. Ceci peut réduire la variabilité du poids entre les agneaux de même portée et donc les différences physiologiques après la naissance. De même, le fait de fournir à la brebis parturiente un milieu abrité (box d'agnelage) surtout pendant l'hiver est une tâche faisable dans les conditions d'élevage de la ferme de l'OEP. Ceci peut favoriser le maintien de la thermorégulation du nouveau-né dans de bonnes

conditions et éviter l'occurrence de l'hypothermie. L'échange des animaux entre les éleveurs est une pratique conseillée permettant de réduire la consanguinité. A long terme, il est intéressant de sélectionner des brebis possédant de bonnes performances et qui n'engendrent que deux à trois agneaux au maximum.

Les facteurs d'ordre environnemental (saison d'agnelage) et zootechnique (poids à la naissance, taille de portée, âge de la mère) représentent les principaux risques qui affectent la survie et la croissance des agneaux D'man. Ces facteurs, en agissant sur l'alimentation du jeune, les changements physiologiques postnatals et éventuellement le développement de liens mère-jeune, expliquent le taux élevé de la mortalité (41%) survenant pendant les dix premiers jours de vie. Cependant, La présence concomitante de nombreux facteurs de risque et de causes variées, rend le diagnostic et la maîtrise de la mortalité des agneaux difficiles.

Afin de réduire le taux de mortalité des agneaux D'man élevés dans les oasis tunisiennes, des recherches complémentaires sont indispensables pour i) définir des traits de vigueur des agneaux D'man élevés dans les conditions intensives des oasis tunisiennes, ii) développer des programmes de sélection de la race en tenant compte de la vigueur des agneaux et des performances maternelles des brebis (comportement et production laitière).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ajjaj, M., 1978.** Effet du niveau énergétique après mise-bas sur la production laitière des brebis D'man et la croissance des agneaux. Mémoire de Fin d'Etudes, E.NA. Meknès, Maroc, pp 44.
- Aleksiev, Y., 2009.** Rectal temperature dynamic in Bulgarian white Kids during the first day of postnatal life. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15: 2, 177-182
- Alexander, A., McCance, I., 1958.** Temperature regulation in the new-born lamb. I. Changes in rectal temperature within the first six hours of life. *Aust. J. Agric. Res.* 9, 339-347.
- Alexander, G., Williams, D., 1968.** Shivering and non-shivering thermogenesis during summit metabolism in young lambs. *J Physiol (Lond)* 198: 251-276.
- Alexander, G., 1958.** Behaviour of newly born lambs. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 2, 123-125.
- Alexander, G., 1961.** Energy metabolism in the starved new-born lamb. *Aust. J. Agric. Res.*, 13, 1: 144-164.
- Alexander, G., 1962a.** Temperature regulation in the new-born lamb. IV. The effect of wind and evaporation of water from the coat on metabolic rate and body temperature. *Aust. J. Agric. Res.* 13, 82-99.
- Alexander, G., 1962b.** Temperature regulation in the newborn lamb. V. Summit metabolism. *Aust. J. Agric. Res.*, 13, 100-121.
- Alexander, G., 1970.** Thermogenesis in young lambs. In: A.T. Phillipson (ed.), Physiology of digestion and metabolism in the ruminant, *Proceedings of the Third International Symposium. Oriel Press, Newcastle upon, UK Cambridge, England.* pp. 199-210.
- Alexander, G., 1974.** Birth weight of lambs influences and consequences. In: Elliot, K., Knight, J., editors. *Size at birth.* Amsterdam: Elsevier, p. 215-45.
- Alexander, G., 1975.** Body temperature control in mammalian young. *Br. Med. Bull.* 31: 62-68.
- Alexander, G., 1978.** Quantitative development of adipose tissue in fetal sheep. *Australian Journal of Biological Sciences* 31, 489-503.
- Alexander, G., 1979.** Cold thermogenesis. *International Review of Physiology* 20, 43-155.
- Alexander, G., 1988.** What makes a good mother? Components and comparative aspects of maternal behaviour in ungulates. *Proceedings Australian Society for Animal Production* 17: 25-41.
- Alexander, G., Bell, A.W., 1975.** Quantity and calculated oxygen consumption during summit metabolism of brown adipose tissue in new-born lambs. *Biol. Neonate*, 26: 214-220.
- Alexander, G., Kilgour, R., Stevens, D. and Bradley, L.R., 1984.** The effect of experience on twin care in New Zealand Romney sheep. *Applied Animal Ethology* 12, 363-372.
- Alexander, G., Lynch, J.J., 1976.** Phalaris windbreaks for shorn and fleeced lambing ewes. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 11, 161-164.
- Alexander, G., Lynch, J.J., Mottershead, B.E., Donnelly, J.B., 1980.** Reduction in lamb mortality by means of grass wind-breaks: results of a five-year study. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 13, 329-332.
- Alexander, G., Mann, T., Mulhearn, C.J., Rowley, I.C.R., William, D. and Winn, D., 1967.** Activities of foxes and crows in a flock of lambing ewes Australian. *Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 7, 329-336.
- Alexander, G., Peterson, J.E., 1961.** Neonatal mortality in lambs. *Aust Vet J*, 37: 371-381.
- Alexander, G., Poindron, P., Le Neindre, P., Stevens, D., Lévy, F., Bradley, L., 1986.** The importance of the first hour post partum for exclusive maternal bonding in sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci* 16, 295-300.

- Alexander, G., Shillito, E., 1977.** The importance of odour, appearance and voice in maternal recognition of the young in merino sheep. *Applied Animal Ethology*, 3, 127-135.
- Alexander, G., Stevens, D., Bradley, L.R., 1990a.** Distribution of field birth-sites of lambing ewes. *Aust J Exp Agric*, 30: 759-767.
- Alexander, G., Stevens, D., Kilgour, R., de Langen, H., Mottershead, B.E., Lynch, J.J., 1983.** Separation of ewes from twin lambs: incidence in several sheep breeds. *Appl. Anim. Ethol.* 10, 301-317.
- Alexander, G., Williams, D., 1966.** Teat-seeking activity in new-born lambs: the effects of cold. *J. Agric. Sci.* 67, 181-189.
- Al-Jawad, A.B., Lees, J.L., 1985.** Effects of ewe's colostrum and various substitutes on the serum immunoglobulin concentration, gut closure process and growth rate of lambs. *Anim. Prod.* 4, 123-127.
- Allaoua, S.A., 2006.** *Cours de la physiologie de la reproduction.* Département des sciences vétérinaires, Elkhroub, Constantine (Maroc).
- Al-Sabbagh, T.A., Swanson, L.V., Thompson, J.M., 1995.** The effect of ewe body condition at lambing on colostral immunoglobulin G concentration and lamb performance. *Journal of Animal Science* 73, 2860-2864.
- Al-Shorepy, S.A., Notter, D.R., 1998.** Genetics parameters for lamb birth weight in spring and autumn lambing. *Anim. Sci.* 67: 327-332.
- Amer, P.R., McEwan, J.C., Dodds, K.J., Davis, G.H., 1999.** Economic values for ewe prolificacy and lamb survival in New Zealand sheep. *Livestock Production Science* 58, 75-90.
- Analla, M., Munoz-Serrano, A., Serradilla, J.M., 1997.** Estimation des effets des facteurs fixes sur les poids des agneaux et sur la prolificité des brebis de la race ovine Seguraña dans le sud-est espagnol. *Actes Inst. Agron. Veto, Maroc* Vol. 17 (3): 157-163.
- Anderson, D.C., Bellows, R.A., 1967.** Some causes of neonatal and postnatal calf losses. *J. Anim. Sci.*, 26, 941.
- Andrewartha, K.A., Caple, I.W., Davies, W.D., McDonald, J.W., 1980.** Observations on serum thyroxine concentrations in lambs and ewes to assess iodine nutrition. *Australian Veterinary Journal* 56, 18-21.
- Annett, R.W., Carson, A.F., Dawson, L.E.R., 2005.** The effect of indigestible undegradable protein (DUP) content of concentrates on colostrum production and lamb performance of triplet-bearing ewes on grassbased diets during late pregnancy. *Anim. Sci.* 80, 101-110.
- Apple, J. K., Dikeman, M. E., Minton, J. E., McMurphy, R. M., Fedde, M. R., Leight, D.E., 1995.** Effects of restrain and isolation stress an epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism, and incidence of dark-cutting longissimus muscle of sheep. *Journal of Animal Science*, 73, 2295-2307.
- Arif, A., 1978.** *La place actuelle et les voies d'amélioration de la production de la vallée du Draa.* Mémoire de 3<sup>ème</sup> Cycle Agronomie, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 86.
- Arnold, G.W., Morgan, P.D., 1975.** Behaviour of the ewe and lamb at lambing and its relation to lamb mortality. *Appl Anim Ethol*, 2: 25-46.
- Asserrhine, M., 1984.** *Production laitière des brebis D'man et D'man x Timahdite conduites en race pure ou en croisement et croissance des agneaux produits.* Mémoire 3<sup>ème</sup> Cycle Agronomie, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 82.
- Atroshi, F., Osterbeg S., 1979.** The behaviour of Finn sheep during and shortly after lambing. *Acta. Agric. Scand.*, 29: 258-262.
- Bagley, Clell, V., 1997.** Obstetrics and Lambing Problems. All Archived Publications. Paper 139. [http://digitalcommons.usu.edu/extension\\_histall/139](http://digitalcommons.usu.edu/extension_histall/139).
- Baile, C.A., Forbes, J.M., 1974.** Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. *Physiol. Rev.*, 54, 160-214.

- Baldwin, B.A., Shillito, E.E., 1974.** The effect of ablation of the olfactory bulbs on parturition and maternal behaviour of Soay sheep. *Anim. Behav.* 22, 220-223.
- Ballard, F.J., Nield, M.K., Francis, G.L., Dahlenburg, G.W., Wallace, J.C., 1982.** The relationship between the insulin content and inhibitory effects of bovine colostrum on protein breakdown in cultured cells. *J. Cell. Physiol.*, 110, 249-254.
- Banchero, G.E., Quinans, G., Martin, G.B., Lindsay, D.R., Milton, J.T.B., 2004.** Nutrition and colostrum production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reprod., Fertil., Dev.*, 16: 633-643.
- Bargeloh, J.F., Hibbs, J.W., Conrad, H.R., 1975.** Effect of prepartal hormone administration on feed intake and mineral metabolism in cows. *J. Dairy Sci.*, 58, 1701-1707.
- Barker, D.J., Gluckman, P.D., Godfrey, K.M., Harding, J.E., Owens, J.A., Robinson, J.S., 1993.** Fetal nutrition and cardiovascular disease in adult life. *Lancet*, 341: 938-941.
- Barki, L., 1974.** Contribution à l'étude de la race D'man. Analyses des structures ovines dans les zones de Goulmima et Jorf. Mémoire de Fin d'Etudes, E.N.A. Meknès, Maroc, 45 pp.
- Barlow, R.M., Gardiner, A.C., Angus, K.W., Gilmour, J.S., Mellor, D.J., Cuthbertson, J.C., Newlands, G., Thompson, R., 1987.** Clinical, biochemical and pathological study of perinatal lambs in a commercial flock. *Veterinary Record* 120, 357-362.
- Barta, O., 1993.** Radial immunodiffusion quantitative determination of immunoglobulins and C3. *Monographs in Animal Immunology*, 2, 3-14.
- Bassett, J.M., 1989.** Hormones and metabolic adaptation in the newborn. *Proc. Nutr. Soc.* 48, 263-269.
- Bedhiaf-Romdhani, S., Djemali, M., and Bello, A.A., 2008.** Inventaire des différents écotypes de la race Barbarine en Tunisie. *Animal Genetic Resources Information*, 43, pp 41-47.
- Behba, A., 1975.** Estimation de la production laitière des brebis Demane 'Méthode à l'ocytocine'. Mémoire de Fin d'Etudes, E.N.A. Meknès, Maroc, pp 34.
- Bellows, R.A., Lammoglia, M.A., 2000.** Effects of severity of dystocia on cold tolerance and serum concentrations of glucose and cortisol in neonatal beef calves. *Theriogenology* 53, 803-813.
- Ben Ahmed, S., 1991.** Evaluation des performances de croissance et de reproduction de la race ovine D'man en station et dans d'autres élevages des vallées de Draâ et Dadès. Mémoire de 3<sup>ème</sup> Cycle Agronomie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- Ben Hamouda, M., 2011.** Amélioration génétique des ovins allaitants en Tunisie: Bilan et perspectives. *Options Méditerranéennes*, A (97), pp. 125-132.
- Ben Lakhal, M., 1983.** Interprétation des performances de croissance et de reproduction des ovins de races locales conduits en races pures et en croisements à la Ferme d'Application de Charb. Mémoire 3<sup>ème</sup> Cycle Agronomie, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 159.
- Ben Salem, H., 2011.** Mutations des systèmes alimentaires des ovins en Tunisie et place des ressources alternatives. *Options Méditerranéennes*, A (97), pp. 29-39.
- Bendaoud, M., 1976.** Influence d'une insuffisance énergétique en fin de gestation sur les performances d'agnelage de la brebis D'man. Mémoire de Fin d'Etudes, E.N.A. Meknès, Maroc, pp24.
- Benseghir, A., 1978.** Contribution à l'étude de la fonction sexuelle mâle de deux races ovines marocaines: D'man et Beni Hsen. Thèse Doctorat Vétérinaire, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 69.
- Berger, Y.M., Bradford, G.E., Essaadi, A., Johenson, D.W., Bourfia, M. and Lahlou-Kassi, A., 1989.** Performance of D'man and Sardi sheep on accelerated lambing. III. Lamb mortality, growth and production per ewe. *Small Ruminant Research* 2: 307-321.

- Bickell, S.L., Nowak, R., Poindron, P., Sèbe, F., Chadwick, A., Ferguson, D., Blache, D., 2009.** Temperament does not affect the overall establishment of mutual preference between the mother and her young in sheep measured in a choice test. *Development Psychobiology*, 429-438.
- Bispham, J., Budge, H., Mostyn, A., Dandrea, J., Clarke, L., Kaisler, D.H., Symonds M.E., Stephenson, T., 2002.** Ambient Temperature, Maternal Dexamethasone, and Postnatal Ontogeny of Leptin in the Neonatal Lamb. *Pediatric Research* 52, 85-90.
- Bittrich, S., Morel C., Philipona, C., Zbinden, Y., Hammon, H.M., Blum, J.W., 2002.** Physiological traits in preterm calves during their first week of life. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 86: 185-198.
- Black, J.L., 1983.** Growth and development of lambs. In *Sheep Production*, pp 21-58. Ed. W Hoesign. London: Butterworths.
- Bloomfield, F.H., Oliver, M.H., Harding, J.E., 2007.** Effects of twinning, birth size, and postnatal growth on glucose tolerance and hypothalamic-pituitary-adrenal function in postpubertal sheep. *Am J Physiol Endocrinol Metab.*, 292: E231-237.
- Blum, J.W., Hadorn, U., Sallmann, H.-P., Schuep, W., 1997.** Delaying colostrum intake by one day impairs the plasma lipid, essential fatty acid, carotene, retinol and  $\alpha$ -tocopherol status in the neonatal calves. *J. Nutr.* 127, 2024-2029.
- Boissy, A., Nowak, R., Orgeur, P., Veissier, I., 2001.** Les liens sociaux chez les ruminants d'élevage: limites et moyens d'action pour favoriser l'intégration de l'animal dans son milieu. *INRA Prod. Anim.*, 2001, 14 (2), 79-90.
- Boniwell, A.M., 1978.** *Veterinary problems associated with sheep rearing in the Ashanti Region of Ghana*. Legon, University of Ghana. 13 pp.
- Bosc, M., 1984.** Les mécanismes de la naissance chez la brebis, la chèvre, la truie et la vache. Contrôle et maîtrise de la naissance. In: R Jarrige Ed. *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme*, INRA, Paris, p 3-30.
- Bosc, M.J., Cornu, C., 1976.** Etude des facteurs affectant les conditions de mise-bas et la survie des agneaux. *Journées de la Recherche ovine et caprine*. Ed. INRA-ITOVIC. 306-321.
- Bouix, J. et Kadiri, M., 1975.** Un des éléments majeurs de la mise en valeur des palmeraies: la race ovine D'man. *Options Méditerranéennes* 26, 87-93.
- Bouix, J., Kadiri, M., Chari, A., 1974.** Performances enregistrées dans les troupeaux pépinières de la race ovine D'man. *Al Awamia* 22: 67-97.
- Bouix, J., Kadiri, M., Chari, A., Ghanime, R., Rami, R., 1977.** Fiche signalétique de la race D'man. *Hommes, Terre et Eaux*, 25: 9-11.
- Boujenane, I. et Kerfal, M., 1992.** Estimation de la production laitière des brebis D'man. *Al Awamia* 78, 145-155.
- Boujenane, I. Kerfal, M., 1990.** Estimates of genetic and phenotypic parameters for growth traits of D'man lambs. *Animal Production* 51, 173-178.
- Boujenane, I., 1989.** *Inheritance of reproduction traits in crosses between the D'man and Sardi breeds of sheep*. PhD Dissertation, university of California, Davis, pp 152.
- Boujenane, I., 1997.** The D'man. In: Fahmy, M.H., (eds.) *Prolific sheep*, CAB Inteenational, Walingford, Quebec, Canada, pp 109-120.
- Boujenane, I., Boudiab, A., El Aich, A., 1982.** Performances de production des races ovines locales marocaines. *Actes Institut Agronomiques Vétérinaire* 2: 24-48.
- Boujenane, I., Bradford, G.E., 1991.** Genetic effects on ewe productivity of crossing D'man and Sardi breeds of sheep. *Journal of Animal Science* 69, 525-530.
- Boujenane, I., Bradford, G.E., Berger, Y.M. and Chikhi, A., 1991a.** Genetic and environmental effects of growth to 1 year and viability of lambs from a crossbreeding study of D'man and Sardi breeds. *Journal of Animal Science* 69, 3989-3998.

- Boujenane, I., Chafik, A., Bradford, G.E. and Berger, Y.M., 1988.** Taille de portée et ses composantes chez les brebis D'man, Sardi et DxS. *Proceedings of 3rd world on sheep and beef cattle breeding* 2, 653-656.
- Boujenane, I., Kansari, J., 2002.** Lamb production and its components from purebred and cross-bred mating types, *Small Ruminant Res.* 43: 115-120.
- Boujenane, I., Kerfal, M. and Khallouk, M., 1991b.** Genetic and phenotypic parameters for litter traits of D'man ewes. *Animal Production* 52, 127-132.
- Boujenane, I., Lairini, K., 1992.** Genetic and environmental effects on milk production and fat percentage in D'man and Sardi ewes and their crosses. *Small Ruminant Research*, 8: 207-215.
- Boujenane, I., Roudies, N., Benmira, A., El Idrissi, Z., El Aouni, M., 2003.** On-station assessment of performance of the DS synthetic and parental sheep breeds, D'man and Sardi. *Small Ruminant Research*, 49: 125-133.
- Boukhliq, R., 1986.** *Variations saisonnières de l'âge à la puberté, de la cyclicité sexuelle et de l'anoestrus post-partum chez des brebis de races D'man, Sardi et leurs produits de croisement.* Thèse Doctorat Vétérinaire, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 56.
- Bourfia, M. et Touchberry, R.W., 1993a.** Diallel cross of three Moroccan breeds of sheep. I. Lamb growth and carcass traits. *Journal of Animal Science* 71, 870-881.
- Bourfia, M. et Touchberry, R.W., 1993b.** Diallel cross of three Moroccan breeds of sheep. II. Reproductive performance and productivity of purebred ewes. *Journal of Animal Science* 71: 882-887.
- Boutgayout, M., 1980.** *Bilan de reproduction et contrôle de croissance de deux troupeaux ovins D'man et Sardi.* Thèse de doctorat vétérinaire, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat (Maroc).
- Bradford, G.E., 1972.** The role of maternal effects in animal breeding. VII. Maternal effects in sheep. *Journal of Animal Science*, 35: 1324- 1334.
- Bradford, G.E., Lahlou-Kassi, A., Berger, Y.M., Boujenane, I. and Derqaoui, L., 1989.** Performances of D'man and Sardi sheep on accelerated lambing. II. Ovulation rate and embryo survival. *Small Ruminant Research* 2, 241-252.
- Bradford, G.E., Taylor, C.S., Quirke, J.F., Hart, R., 1974.** An egg transfer study of litter size, birth weight and lamb survival. *Animal Production*, 18: 249-263.
- Brandon, M.R., Lascelles, A.K., 1975.** The effect of prepartum milking on the transfer of immunoglobulin into the mammary secretion of cows. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.*, 53, 197-204.
- Brandon, M.R., Watson, D.L., Lascelles, A.K., 1971.** The mechanism of transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.*, 49, 613-623.
- Braun, J.P., Tainturier, D., Laugier, C., Benard, P., Thouvenot, J.P., Rico, A.G., 1982.** Early variations of blood plasma gamma-glutamyl transfersae in newborn calves. A test of colostrum intake. *J. Dairy Sci.*, 65, 2178-2181.
- Brooks, A.A., Johnson, M.R., Steer, P.J., Pawson, M.E., Abdalla, H.I., 1995.** Birth weight: nature or nurture? *Early Human Development* 42 29- 35.
- Broom, D.M., Johnson, K.G., 1993.** *Stress and animal welfare*, Chapman & Hall, London (United-Kingdom). 211 pp.
- Bruck, K., 1978.** Thermoregulation: control mechanisms and neural processes. In: *Temperature regulation and energy metabolism in the new-born.* J.C., Sinclair Ed. Monographs in Neonatology, Grune and Stratton Publ. London.
- Buchanan-Lee, B., Clarke, R.M., Hardy, R.N., 1972.** The influence of environmental lighting on the uptake of macromolecules by the newborn rat intestine. *J. Physiol.*, 223, 16-33.

- Budge, H., Bispham, J., Dandrea, J., Evans, E., Heasman, L., Ingleton, P.M., Sullivan, C., Wilson, V., Stephenson, T., Symonds, M.E., 2000.** Effect of maternal nutrition on brown adipose tissue and its prolactin receptor status in the fetal lamb. *Pediatr. Res.* 47, 781-786.
- Bush, L.J., Staley, T.E., 1980.** Absorption of colostral immunoglobulins in newborn calves. *J. Dairy Sci.*, 63, 672-680.
- Butler, J.E., Maxwell, C.F., Pierce, C.S., Hylton, M., Asofsky, R., Kiddy, C.A., 1972.** Studies on the relative synthesis and distribution of IgA and IgG1 in various tissues and body fluids of the cow. *J. Immunol.*, 109, 38-46.
- Cabello, G., 1983.** Endocrine reactivity (T3, T4, cortisol) during cold exposure in preterm and full term lambs. *Biol. Neonate*, 44, 224-233.
- Cabello, G., Levieux, D., 1978.** The effects of thyroxine and climatic factors on colostral gammaglobulin absorption in newborn calves. *Ann. Rech. Vét.*, 11: 1-7.
- Cabello, G., Levieux, D., 1981.** Hormonal status in the newborn lamb (cortisol, T3, T4). Relationships to the birth weight and the length of gestation: effect of the litter size. *Biol. Neonate*, 39, 208-216.
- Cabello, G., Levieux, D., Girardeau, J.P., Lefaivre, J., 1983.** Intestinal K 99<sup>+</sup> Escherichia coli adhesion and absorption of colostral IgG1 by the newborn lamb: effect of foetal infusion of thyroid hormones. *Res. Vet. Sci.*, 35, 242-244.
- Cabello, G., Levieux, D., Lefaivre, J., 1980.** The effect of intra-amniotic injections of thyroxine on the absorption of colostral IgG1 by the newborn kid. *Br. Vet. J.*, 136, 193-194.
- Campbell, D.M., MacGillivray, I., 1984.** The importance of plasma volume expansion and nutrition in twin pregnancy. *Acta Geneticae Medicae et Gemellologiae* (Roma), 33: 19-24.
- Campbell, S.G., 1974.** Experimental colostrum deprivation in lambs. *Br. Vet. J.* 130: 538-543.
- Campbell, S.G., Siegel, M.J., Knowlton, B.J., 1977.** Sheep immunoglobulins and their transmission to the neonatal lamb. *N. Z. Vet. J.* 25, 361-365.
- Canali, E., Ferrante, V., Todeschini, R., Verga, M. and Carenzi, C., 1991.** Rabbit nest construction and its relationship with litter development. *Applied Animal Behaviour Science* 31, 259-266.
- Cannon, B., Nedergaard, J., 2004.** Brown adipose tissue: Function and physiological significance. *Physiological Review* 84, 277-359.
- Caple, I.W., Nugent, G.F., 1983.** Relationships between plasma thyroxine concentrations and the responses of newborn lambs to hypothermia. *XXII World Veterinary Congress, Perth Australia*, Abstract Booklet p 657.
- Capper, J.L., Wilkinson, R.G., Mackenzie, A.M., Sinclair, L.A., 2006.** Polyunsaturated fatty acid supplementation during pregnancy alters neonatal behavior in sheep. *J. Nutr.* 136, 397-403.
- Castro-Alonso, A., Castro, N., Capote, J., Capote, J., Morales Delanuez, A., Moreno-Dias, I., Sanchez-Macias, D., Herraiez, P., Arguello, A., 2008.** Apoptosis regulates passive immune transfer in newborn kids. *Journal of Dairy Science*, 91, 2086-2088.
- Caton, J.S., Reed, J.J., Aitken, R.P., Milne, J.S., Borowicz, P.P., Reynolds, L.P., Redmer D.A., Wallace J.M., 2009.** Effects of maternal nutrition and stage of gestation on body weight, visceral organ mass, and indices of jejunal cellularity, proliferation, and vascularity in pregnant ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 87: 222-235.
- Chafik, A., 1986.** *Analyse génétique de la taille de portée et ses composantes chez les brebis D'man, Sardi et leurs croisées.* Mémoire 3<sup>ème</sup> Cycle Agronomie, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 116.
- Chan, W.S., Daniels, V.G. and Thomas, A.L., 1973.** Premature cessation of macromolecule uptake by the young rat intestine following thyroxine administration. *J. Physiol.*, 231, p 112.

- Chen, C.Y., Carstens, G.E., Gilbert, C.D., Theis, C.M., Archibeque, S.L., Kurz, M.W., Slay, L.J., Smith, S.B., 2007.** Dietary supplementation of high levels of saturated and monounsaturated fatty acids to ewes during late gestation reduces thermogenesis in newborn lambs by depressing fatty acid oxidation in perirenal brown adipose tissue. *J. Nutr.* 137, 43-48.
- Chen, J.C., Chang, C.J., Peh, H.C., Chen, S.Y., 1999.** Serum protein levels and neonatal growth rate of Nubian goat kids in Taiwan area. *Small Rumin. Res.*, 32: 153-160.
- Chniter, M., Hammadi, M., Khorchani, T., Krit, R., Lahsoumi, B., Ben Sassi, M., Nowak, R., Ben Hamouda, M., 2011.** Phenotypic and seasonal factors influence birth weight, growth rate and lamb mortality in D'man sheep maintained under intensive management in Tunisian oases. *Small Ruminant Research.* 99: 166-170.
- Christian, D., 2003.** *La production du mouton. 2<sup>ème</sup> édition.* Edition France agricole, 287 p.
- Clarke, L., Bryant, M.J., Lomax, M.A., Symonds, M.E., 1997.** Maternal manipulation of brown adipose tissue and liver development in the ovine fetus during late gestation. *Brit. J. Nutr.* 77, 871-883.
- Cloete, S.W.P., 1993.** Observations on neonatal progress of Dormer and South African Mutton Merino lambs. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 23, 38-42.
- Cloete, S.W.P., Scholtz, A.J., Ten Hoope, J.M., Lombard, P.J.A., Franken, M.C., 1998.** Ease of birth relation to pelvic dimensions, litter weight and conformation of sheep. *Small Rumi. Res.* 31, 51-60.
- Cogswell, M.E., Yip, R., 1995.** The influence of fetal and maternal factors on the distribution of birth weight. *Seminars in Perinatology*, 19: 222- 240.
- Comline, R.S., Roberts, H.E., & Titchen, D.A., 1951.** Route of absorption of colostrum globulin in the newborn animal. *Nature* 167, 561-562.
- Constant, S.B., Leblanc, M.M., Klapstein, E.F., Beebe, D.E., Leaneau, H.M., Nunier, C.J., 1994.** Serum immunoglobulin G. concentration in goats kids fed colostrum or a colostrum substitute. *JAVMA* 205: 1759-1762.
- Corbeil, L.B., Woodward, W., Ward, A.C.S., Besser, T.E., 1985.** Bacterial interactions in bovine respiratory and reproductive infections. *J Clin Microbiol*, 21: 803-807.
- Coureaud, G., Schaal, B., Coudert, P., Rideaud, P., Fortun-Lamothe, L., Hudson, R. and Orgeur, P., 2000.** Immediate postnatal sucking in the rabbit: its influence on pup survival and growth. *Reproduction Nutrition and Development*: 40 19-32
- Cruickshank, J.K., Mzayek, F., Liu, L., Kieltyka, L., Sherwin, R., Webber, L.S., Srinivasan, S.R., Berenson, G.S., 2005.** Origins of the 'black/white' difference in blood pressure: roles of birth weight, postnatal growth, early blood pressure, and adolescent body size: the Bogalusa heart study. *Circulation* 111, 1932-1937.
- Csapo, J., Csapo-Kiss, Zs., Martin, T.G., Szentpeteri, J. & Wolf, Gy., 1994.** Composition of colostrum from goats, ewes and cows producing twins. *Int. Dairy J.* 4, 445-458.
- Dalinghaus, M., Rudolph, C.D., Rudolph, A.M., 1991.** Effects of maternal fasting on hepatic glyconeogenesis and glucose-metabolism in fetal lambs. *Journal of Develop Phys* 16, 267-275.
- Dalton, D.C., Knight, T.W., Johnson, D.L., 1980.** Lamb survival in sheep breeds on New Zealand hill country. *N.Z. J. Agric. Res.* 23, 167-173.
- Darghouth, M.A., Gharbi, M., 2011.** Impact des mutations de l'environnement sur les maladies d'importance économique: cas de l'élevage ovin en Tunisie. *Mutations des systèmes d'élevage des ovins et perspectives de leur durabilité. Tunisie, Options Méditerranéennes*, A no. 97, p41-48.
- Darwish, R.A., Abou-Ismaïl, U.A., El-Kholya, S.Z., 2010.** Differences in post-parturient behaviour, lamb performance and survival rate between purebred Egyptian Rahmani and its crossbred Finnish ewes. *Small Ruminant Research*, 89: 57-61.

- Darwish, R.A., El-Bahr, S.M., 2007.** Neonatal lamb behaviour and thermoregulation with special reference to thyroid hormones and phosphorous element: Effect of birth weight and litter size. *Bs. Vet. Med. J., 5<sup>TH</sup> Scientific Conference*, 120-127.
- De Rancourt, M., Fois, N., Lavin, M.P., Tchakerian, E., Vallerand, F., 2006.** Mediterranean sheep and goat production: An uncertain future. *Small Ruminant Research*, 62 (3), pp. 167-179.
- de Zegher, F., Devlieger, H., Eeckels, R., 1999.** Fetal growth: boys before girls. *Hormone Research* 51 258-259.
- Derqaoui, L., 1992.** *Onset of puberty and development of reproductive capacity in D'man and Sardi breeds of sheep and their crosses.* Thèse Doctorat es-Sciences Agronomiques, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 158.
- Dewell, R.D., Hungerford, L.L., Keen, J.E., Laegreid, W.W., Griffin, D.D., Rupp, G.P., Grotelueschen, D.M., 2006.** Association of neonatal serum immunoglobulin G1 concentration with health and performance in beef calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 228, 914-921.
- Dhaoui, M., Bourbouze, A., 2004.** Impact de l'introduction de la race ovine D'Man dans les systèmes de production dans le sud tunisien, *Ren. Rech. Ruminants*, 11.
- Dickerson, G.E., 1970.** Efficiency of animal production-Molding the biological components. *J. Anim. Sci.* 30: 849.
- Dixon, F.J., Weigle, W.O., Vazquez, J.J., 1961.** Metabolism and mammary secretion of serum proteins in the cow. *Lab. Invest.*, 10, 216-236.
- Doaa, F., Teleb, E.O.H., Saifelnasr, Eitedal, El-Sayed, H., 2009.** Factors affecting performance and survivability of Saidi lambs from lambing to weaning. *Egyptian Journal of Sheep & Goat Sciences* 4, 55-74.
- Donald, G.E., Langlands, J.P., Bowles, J.E., Smith, A.J., 1994.** Subclinical selenium insufficiency 6. Thermoregulatory ability of perinatal lambs born to ewes supplemented with selenium and iodine. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 19-24.
- Dos Santos, G.T., Bertolini, D.A., Macedo, F., Prado, I., and Martins, E., 1994.** Variabilidade em imunoglobulina G (IgG) no colostro de cabra de primeira ordenha e absorcao intestinal de IgG pelos cabritos recém-nascidos. *Arq. Biol. Technol.* 37: 285-292.
- Doubek, J., Slosarkova, S., Fleischer, P., Mala, G., Skrivanek, M., 2003.** Metabolic and hormonal profiles of potentiated cold stress in lambs during early postnatal period. *Czech J. Anim. Sci.*, 48, (10): 403-411.
- Drife, J.O., McClelland, D.B.L., Pryde, A., Roberts, M.M., Smith, I.I., 1976.** Immunoglobulin synthesis in the «resting» breast. *Br. Med. J.*, II, 503-506.
- Ducker, M.J. and Fraser, J., 1973.** A note on the effect of level of husbandry at lambing on lamb viability and subsequent performance. *Animal Production*, 16, pp 91-94.
- Duguma, G., Schoeman, S.J., Cloete, S.W.P., Jordan, G.F., 2002.** The influence of non-genetic factors on early growth traits in the Tygerhoek Merino lambs. *Ethiopian J. Anim. Prod.* 2 (1), 127-141.
- Dwyer, C., Lawrence, A., Bishop, S., Lewis, M., 2003.** Ewe-lamb bonding behaviours at birth are affected by maternal undernutrition in pregnancy. *The British Journal of Nutrition* 89, 123-136.
- Dwyer, C.M., 2003.** Behavioural development in the neonatal lamb: effect of maternal and birth-related factors. *Theriogenology* 59, 1027-1050.
- Dwyer, C.M., 2008.** The welfare of the neonatal lamb. *Small Ruminant Research* 76, 31-41.
- Dwyer, C.M., Calvert, S.K., Farish, M., Donbavand, J., and Pickup, H.E., 2005.** Breed, litter and parity effects on placental weight and placentome number, and consequences for the neonatal behaviour of the lamb. *Theriogenology* 63, 1092-1110.

- Dwyer, C.M., Lawrence, A.B., 1998.** Variability in the in expression of maternal behaviour in primiparous sheep: Effects of genotype and litter size. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58, 311-330.
- Dwyer, C.M., Lawrence, A.B., 2000.** Effects of maternal genotype and behaviour on the behavioural development of their offspring in sheep. *Behaviour* 137, 1629-1654.
- Dwyer, C.M., Lawrence, A.B., 2005.** A review of the behavioural and physiological adaptations of hill and lowland breeds of sheep that favour lamb survival. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92, 235-260.
- Dwyer, C.M., Lawrence, A.B., Bishop, S.C., 2001.** The effects of selection for lean tissue content on maternal and neonatal lamb behaviours in Scottish Blackface sheep. *Anim. Sci.* 72, 555-571.
- Dwyer, C.M., McLean, K.A., Deans, L.A., Chirnside, J., Calvert, S.K., Lawrence, A.B., 1998.** Vocalisations between mother and young in the sheep: effects of breed and maternal experience. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58, 105-119.
- Dwyer, C.M., Morgan, A., 2006.** Maintenance of body temperature in the neonatal lamb: Effects of breed, birth weight, and litter size. *Journal of Animal Science* 84, 1093-1101.
- Eales, F.A., Gilmour, J.S., Barlow, R.M. and Small, J., 1982.** Causes of hypothermia in 89 lambs. *Vet. Rec.* 110: 118-120.
- Eales, F.A., Small, J., Gilmour, J.S., 1983.** Neonatal mortality of lambs and its causes. In: Haresign W (Ed), *Sheep Production*, London: Butterworths.
- Eales, F.A., Small, J., 1980a.** Determinants of heat production in newborn lambs. *Int. J. Biometeorol.* 24, 157-166.
- Eales, F.A., Small, J., 1980b.** Summit metabolism in newborn lambs. *Research in Veterinary Science* 29, 211-218.
- Eales, F.A., Small, J., 1981.** Effects of colostrum on summit metabolic rate in Scottish Blackface lambs at five hours old. *Research in Veterinary Science* 30, 266-268.
- Edwards, S.A., 1983.** The behaviour of dairy cows and their newborn calves. *Animal Production* 34, 339-346.
- Edwards, S.A., 2002.** Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livestock Production Science* 78, 3-12.
- Ekiz, B., Ozcan, M., Yilmaz, A., Ceyhan, A., 2005.** Estimates of Turkish Merino (Karakabey Merino) sheep. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 29: 557-564.
- Ekpe, E.D., Christopherson R.J., 2000.** Metabolic and endocrine responses to cold and feed restriction in ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 80, 1: 87-95.
- El Fakir, A., El Yamani, A., Oudkhir, A., Bouzoubaa, K., and Derouich, A., 1979.** *Performances de reproduction des ovins de la race D'man chez les éleveurs de la vallée de Draa.* Rapport stage de développement, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 158.
- El Maarouf, M.A., 1986.** *Production laitière des brebis D'man pures et croisées et croissance de leurs agneaux.* Mémoire 3<sup>ème</sup> Cycle Agronomie, I.A.V., Hassan II, Rabat, Maroc, pp 118.
- Elloumi, M., Selmi, S., Zaibet, L., 2011.** Importance économique et mutation des systèmes de production ovins en Tunisie. *Options Méditerranéennes, Séries A*, 43, p. 11-21.
- El-Najeh, M.M., 1967.** Siege de l'absorption intestinale des gammaglobulines du colostrum chez le veau nouveau-né. *Ann. Méd. Vétér.*, 111, 380-383.
- Eshratkhah, B., Sadaghian, M., Khajeye, M., Ahmadi, H., Mostafavi, H., 2008.** Evaluation of non-electrolytes normal values in blood of Makuei sheep breed. *J Anim Vet Adv* 7 (3): 327-329.
- Everett-Hincks, J.M., 2005.** An investigation into the cause of difficult births in twins and triplets. In. *Report prepared for meat and wool New Zealand*, Wellington.
- Everett-Hincks, J.M., Blair, H.T., Stafford, K.J., Lopez-Villalobos, N., Kenyon, P.R., Morris, S.T., 2005.** The effect of pasture allowance fed to twin- and triplet-bearing ewes in

- late pregnancy on ewe and lamb behaviour and performance to weaning. *Livestock Production Science* 97, 253-266.
- Everett-Hincks, J.M., Dodds, K.G., 2008.** Management of maternal-offspring behavior to improve lamb survival in easy care sheep systems. *J. Anim. Sci.* 86: E259.
- Everett-Hincks, J.M., Dodds, K.G., Kerslake, J.I., 2007.** Parturition duration and birthing difficulty in twin and triplet lambs. *Proceedings of New Zealand Society of Animal Production* 67. 55-60.
- Everitt, G.C., 1964.** Maternal undernutrition and retarded foetal development in sheep. *Nature* (Lond.) 201: 1341-1342.
- Ezzahiri, A., Benazzou, H., Ben Lakhal, M., 1980.** Premier bilan de la vulgarisation des géniteurs D'man. *Séminaire sur l'Élevage Ovin D'man, 21-23 November, Ouarzazate, Morocco.* Pages 70-80 en Proceedings.
- Fahmy, M.H., Robert, S., Castonguay, F., 1997.** Ewe and lamb behaviour at parturition in prolific and non-prolific sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 77, 9-15.
- Fall, A., Diop, M., Sandford, J., Wissocq, Y.J., Durkin, J., Trail, J.C.M., 1982.** Evaluation of the productivities of Djallonke sheep and N'Dama cattle at the Centre de Recherches Zootechniques, Kolda, Senegal. *ILCA Research Report No 3: Addis Ababa, Ethiopia, 70 pp.*
- FAO, 2011.** Evaluation des mesures de la PAC dans le secteur Ovin Caprin, *Rapport Final* Octobre.
- Fetcher, A., Gay, C.C., McGuire, T.C., Barbee, D.D., Parish, S.M., 1983.** Regional distribution and variation of  $\gamma$ -globulin absorption from the small intestine of the neonatal calf. *Am. J. Vet. Res.*, 44, 2149-2154.
- Filus, P., Weniger, J.H., Teuscher, T., 1986.** Investigations on the performance of Djallonké sheep. *Animal Research and Development* 24: 85-97.
- Fisher, G.J., MacPherson, A., 1991.** Effect of cobalt deficiency in the pregnant ewe on reproductive performance and lamb viability. *Res. Vet. Sci.* 50, 319-327.
- Fisher, M.W., 2007.** Shelter and welfare of pastoral animals in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 50, 347-359.
- Flamant, J.C., and Bonaiti, B., 1979.** Evaluation des aptitudes laitières des brebis de race pure ou croisées Romanov (Evaluation of milk production in purebred and crossbred Romanov ewes). *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 11: 223-240.
- Floret, C., Pontanier, R., 1982.** L'aridité en Tunisie présaharienne. *Travaux et documents.* Paris, France, Orstom, 544 p. (n°150).
- Fogarty, N.M. and Thompson, J.M., 1974.** Relationship between pelvic dimensions, other body measurements and dystocia in Dorset Horn ewes. *Aust. Vet. J.*, 50: 502-506.
- Fogarty, N.M., Hopkins, D.L., van de Ven, R., 2000.** Lamb production from diverse genotypes 1. Lamb growth and survival and ewe performance. *Anim. Sci.* 70: 135-145.
- Ford, E.J.H., Reilly, P.E.B., 1970.** The utilization of free amino acid and glucose carbon by sheep pregnant with twins. *Res. Vet. Sci.*, 11, 575-579.
- Forhead, A.J., Curtis, K., Kaptein, E., Visser, T.J., Fowden, A.L., 2006.** Developmental control of iodothyronine deiodinases by cortisol in the ovine fetus and placenta near term. *Endocrinology*, 147: 5988-5994.
- Forhead, A.J., Poore, K.R., Mapstone, J. and Fowden, A.L., 2003.** Developmental regulation of hepatic and renal gluconeogenic enzymes by thyroid hormones in fetal sheep during late gestation. *The Journal of Physiology* 548, 941-947.
- Fowden, A.L., 1995.** Endocrine regulation of fetal growth. *Reproduction, Fertility and Development*, 7, 351-363.
- Fowden, A.L., Mapstone, J. and Forhead, A.J., 2001.** Regulation of gluconeogenesis by thyroid hormones in fetal sheep during late gestation. *Journal of Endocrinology* 170, 461-469.

- Fowden, A.L., Mijovic, J., Silver, M., 1993.** The effects of cortisol on hepatic and renal gluconeogenic enzyme activities in the sheep fetus during late gestation. *Journal of Endocrinology* 137, 213-222.
- Fowden, A.L., Mundy, L., Silver, M. 1998.** Developmental regulation of glucogenesis in the sheep fetus during late gestation. *J. Physiol.* 508: 937-947.
- Fragkou, I.A., Mavrogianni, V.S., Fthenakis, G.C., 2010.** Diagnostic investigation of cases of deaths of newborn lambs. *Small Ruminant Research*, 92, 41-44.
- Fraser, M., Liggins, G.C., 1989.** The effect of cortisol on thyroid hormone kinetics in the ovine fetus. *J. Dev. Physiol.* 11, 207-211.
- Gama, L.T., Dickerson, G.E., Young, L.D., Leymaster, K.A., 1991.** Effects of breed, heterosis, age of dam, litter size, and birth weight on lamb mortality. *Journal of Animal Science*, 69, 2727-2740.
- Gardner, D.S., Buttery, P.J., Daniel, Z., Symonds, M.E., 2007.** Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *Reproduction* 133, 297-307.
- Gardner, D.S., Jamall, E., Fletcher, A.J.W., Fowden, A.L., Giussan, D.A., 2004.** Adrenocortical responsiveness is blunted in twin relative to singleton ovine fetuses. *J Physiol* 557, 1021-1032.
- Gautier, J.M., Corbière, F., 2011.** La mortalité des agneaux: état des connaissances. *Renc. Rech. Ruminants*, 255-262.
- Geist, V., 1971.** Mountain Sheep: A Study in Behaviour and Evolution p 383. *University of Chicago Press*, Chicago and London.
- Gemmell, R.T., Bell, A.L., Alexander, G., 1972.** Morphology of adipose cells in lambs at birth and during subsequent transition of brown to white adipose tissue in cold and in warm conditions. *Am. J. Anat.*, 133: 143-163.
- Genaro, C., Miranda-de la Lama, Paula, M., Morris, V., Jose, L.O., Sylvia G.B., Gustavo, A.M., 2011.** Effects of road type during transport on lamb welfare and meat quality in dry hot climates. *Trop. Anim. Health. Prod.*, 43: 915- 922.
- Gilbert, R.P., Gaskins, C.T., Hillers, J.K. Parker, C.F., and McGuire, T.C., 1988.** Genetic and environmental factors affecting immunoglobulin G1 concentrations in ewe colostrum and lamb serum. *J. Anim. Sci.* 66: 855.
- Gluckman, P.D., Hanson, M.A., 2004.** Maternal constraint of fetal growth and its consequences. *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine*, 9: 419-425.
- Godfrey, K.M., Barker, D.J., 2001.** Fetal programming and adult health. *Public Health Nutrition* 4: 611-624.
- Gonyou, H.W., Stookey, J.M., 1983.** Use of lambing cubicles and the behaviour of ewes at parturition. *J. Anim. Sci.* 56, 787-791.
- Gootwine, E., 2005.** Variability in the rate of decline in birth weight as litter size increases in sheep. *Animal Science* 81, 393-398.
- Gootwine, E., Reicher, S., Rozov, A., 2008.** Prolificacy and lamb survival at birth in Awassi and Assaf sheep carrying the FecB (Booroola) mutation. *Animal Reproduction Science* 108, 402-411.
- Gootwine, E., Rozov, A., 2006.** Seasonal effects on birth weight of lambs born to prolific ewes maintained under intensive management. *Livestock Science* 105: 277-283.
- Gootwine, E., Spencer, T.E., Bazer, F.W., 2007.** Litter-size dependent intrauterine growth restriction in sheep. *Animal* 1, 547-564.
- Goursaud, A.P., Nowak, R., 1999.** Colostrum mediates the development of mother preference by newborn lambs. *Physiol. Behav.* 67, 49-56.
- Greene, H. J., 1978.** Causes of dairy calf mortality. *Ir. J. Agric. Res.*, 17, 295-301.

- Greenwood, P.L., Hunt, A.S., Slepatis, R.M., Finnerty, K.D., Alston, C., Beermann, D.H., Bell, A.W., 2002.** Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: III. Regulation of energy metabolism. *J Anim Sci* 80: 2850-2861.
- Gregory, N.G., Haslett, S.J., Peddeley, J.C., 1999.** Studies on lamb hypothermia using a model lamb. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 42: 179-185.
- Grizard, J., Tissier, M., Theriez, M., Pion, R., 1979.** Variations in insulin in blood of ewes at the end of pregnancy and the start of lactation. Effect of nutritional state at the end of pregnancy. *Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique* 19 (1A): 73-78.
- Grongnet, J.F., 1982.** Some aspects of the metabolic adaptation of the calf to aerial life In J. P. Signoret (ed). *Welfare and Husbandry of calves*, 36-45 Martinus Publishers, The Hague.
- Grongnet, J.F., 1984.** Metabolic consequences of induced hypoxia in newborn lambs. *Ann. Rech. Vét.*, 15 (1), 17-28.
- Gubernick, D.J., 1981.** Parent infant attachment in mammals. In *Parental Care in Mammals*, Gubernick, D.J. (Ed) and Klopfer, P.H. Plenum Press, New York. pp 244-305.
- Guidry, A.J., Butler, J.E., Pearson, R.E., Weinland, B.T., 1980.** IgA, IgG<sub>1</sub>, IgG<sub>2</sub>, IgM, and BSA in serum and mammary secretion throughout lactation. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 1 (4): 329-341.
- Gunn, T.R., Gluckman, P.D., 1995.** Perinatal thermogenesis. *Early Human Development* 42, 169-183.
- Ha, W.K., Lim, J.W., Choi, C.K., 1986.** A study on the immunoglobulin G concentration in milk and blood serum of Korean native goats. I. Changes of IgG concentration on the lactation period of Korean native goats. *Korean Journal of Animal Science* 28, 679-683.
- Habeeb, A.A.M., Marai, I.F.M. and Kamal, T.H., 1992.** Heat Stress. In: *Farm Animals and the Environment*, Philips, C. and D. Piggens (Eds.). CAB. International, Wallingford, UK., 27-47.
- Hall, D.G., Egan, A.R., Foot, Z.J., Parr, R.A., 1990.** Effect of litter size on colostrum production in crossbred ewes. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, 18: 240-243.
- Halliday, R., 1976.** Variations in immunoglobulin concentrations in Finnish x Dorset Horn lambs. *Res. Vet. Sci.* 21, 331-334.
- Hamadeh, S.K., Hatfield, P.G., Kott, R.W., Sowell, B.F., Robinson B.L. and Roth, N.J., 2000.** Effects of breed, sex, birth type and colostrums intake on cold tolerance in newborn lambs. *Sheep and Goat Res. J.*, 16: 46-51.
- Hammadi, M., 2003.** *L'ensilage des sous produits du palmier dattier constitue une alternative pour l'alimentation des petits ruminants dans les oasis du sud tunisien.* Thèse annexe présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Faculté universitaire des sciences agronomique de Gembloux, Belgique.
- Hammami, M., Soltani, E., Snoussi, S., 2007.** Importance de la filière viande ovine en Tunisie: stratégies des acteurs (cas de la région de Zaghouan). *New Medit*, vol 6, n.4, 14-22.
- Hammer, D.K., Massmann, H., 1978.** The importance of membrane receptors in the transfer of immunoglobulins from plasma to the colostrum. *Ann. Rech. Vét.*, 9, 229-234.
- Haqq, C.M., King, C.Y., Ukiyama, E., Falsafi, S., Haqq, T.N., Donahoe, P.K., Weiss, M.A., 1994.** Molecular basis of mammalian sexual determination: activation of Mullerian inhibiting substance gene expression by SRY. *Science* 266: 1494-1500.
- Harding, R., Poore, E.R., Bailey, A., Thorburn, G.D., Jansen, C.A.M., Nathanielsz, P.W., 1982.** Electromyographic activity of the non pregnant sheep uterus. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 142, 448-457.
- Harrouni, M., 1977.** *Etude de quelques paramètres de reproduction chez la brebis D'man dans son berceau.* Thèse Doctorat Vétérinaire, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 119.

- Hartsock, T.G., and Graves, H.B., 1976.** Neonatal behavior and nutrition-related mortality in domestic swine. *Journal of Animal Science* 42: 235-241
- Hashemi, M., Zamiri, M.J., Safdarian, M., 2008.** Effects of nutritional level during late pregnancy on colostrum production and blood immunoglobulin levels of Karakul ewes and their lambs. *Small Ruminant Research*, 75: 204-209.
- Haughey, K.G., 1980.** The effect of birth injury to the foetal nervous system on the survival and feeding behaviour of lambs. In: Wodzicka-Tomasczewska, M., Edey, T.N., Lynch, J.J. (Eds.), *Reviews in Rural Science*, vol. 4, 109-111.
- Haughey, K.G., 1991.** Perinatal lamb mortality- its investigation, causes and control. *J.S. Afr. Vet. Assoc.* 62, 78-91.
- Haughey, K.G., 1993.** Perinatal lamb mortality-its investigation, causes and control. *Irish Vet. J.* 46, 9-28.
- Heasman, L., Brameld, J., Mostvn, A., Budge, H., Dawson, J., Buttery, P., Stephenson, T., Symonds, M.E., 2000.** Maternal nutrient restriction during early to mid gestation alters the relationship between insulinlike growth factor I and bodyweight at term in fetal sheep. *Reproduction, Fertility and Development*, 12: 345-350.
- Hemminki, E., Gissler, M., 1996.** Births by younger and older mothers in a population with late and regulated childbearing: Finland 1991. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*, 75: 19-27.
- Hernandez, H., Serafin, N., Vazquez, H., Delgadillo, J.A., Poindron, P., 2001.** Maternal selectivity suppression through peripheral anosmia affects neither overall nursing frequency and duration, nor lactation performance in ewes. *Behav. Process* 53, 203-209.
- Hight, G.K., Jury, K.E., 1970.** Hill country sheep production. 2. Lamb mortality and birth weights in Romney and Border Leicester x Romney flocks. *N. Z. Agric. Res.*, 13, 735-752.
- Hinch, G.N., 1989.** The sucking behaviour of triplet, twin and single lambs at pasture. *Appl. Anim. Behav.Sci.*, 22, 39-48.
- Hinch, G.N., Crosbie, S.F., Kelly, R.W., Owens, J.L., Davis, G.H., 1985.** Influence of birth weight and litter size on lamb survival in high fecundity BooroolaMerino crossbred flocks. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 28: 31-38.
- Hinch, G.N., Davis, G.H., Crosbie, S.F., Kelly, R.W., Trotter, R.W., 1986.** Causes of lamb mortality in two highly prolific Booroola crossbred flocks and a Romney flock. *Anim Reprod Sci*, 12: 47-61.
- Hindson, J.C., Schofield, B.M., 1969.** Notes on parturition in the sheep. *J. Reprod. Fertil.*, 18, 355-357.
- Hindson, J.C., Schofield, B.M., Turner, C.B., 1968.** Parturition pressures in the ovine uterus. *J. Physiol.*, 195, 19-28.
- Hindson, J.C., Ward, W.R., 1973.** Myometrial studies in the pregnant sheep. In: *The Endocrinology of Pregnancy and Parturition, Experimental Studies in the Sheep*, Pierrepoint, C.G. (Editor). Alpha-Omega-Alpha Publishers, Cardiff, pp. 153-173.
- Hine, B.C., Hunt, P.W., Beasley, A.M., Windon, R.G., Glover, S.A., Colditz, I.G., 2010.** Selective transport of IgE into ovine mammary secretions. *Research in Veterinary Science*, 89: 184-190.
- Holmes, R.J., 1975.** Relationship of maternal behaviour to neonatal loss in prolific sheep. *Proc. N.Z. Vet. Ass. Sheep. Soc.*, 5: 67-75.
- Holmes, R.J., 1976.** Relationship of parturient behaviour to reproductive efficiency of Finnsheep. *Proc. N.Z. Vet. Ass. Sheep. Soc.*, 36: 253-257.
- Houssin, Y., Brelurut A., 1980.** *Mortalité des agneaux. Recherche des conditions de maîtrise des agnelages en plein air.* Thèse d'Ingénieur-Docteur INA-PG-INRA, 87 p.
- Hulet, C.V., Alexander, G., and Hafez, E.S.E., 1975.** The behaviour of sheep. In *The behaviour of domestic animals*. Hafez, E.S.E. (Ed). Baillière Tindall, London, UK, 246-294.

- Hunter, A.G., Reneau, J.K., Williams, J.B., 1977.** Factors affecting IgG concentration in day-old lambs. *J. Anim., Sci.*, 45: 1146-1151.
- Hunter, G.L., 1956.** The maternal influence on size in sheep. *J. Agric. Sci. Camb.*, 36-60.
- Husband, A.J., Brandon, M.R., Lascelles, A.K., 1972.** Absorption and endogenous production of immunoglobulins in calves. *The Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*, 50: 491-498.
- Huxley, R., Neil, A., Collins, R., 2002.** Unravelling the fetal origins hypothesis: is there really an inverse association between birthweight and subsequent blood pressure? *Lancet*, 360: 659-665.
- Ibrahim, R.E., Maglad, M.A., Adam, S.E.I., Mirghani, T.E., Wasfi, I.A., 1984.** The effect of altered thyroid status on lipid metabolism in Nubian goats. *Comp Biochem Physiol B* 77, 507-512.
- Jarrett, I.G., Jones, G.B., Potter, B.J., 1994.** Changes in glucose utilization during development of the lamb. *Biochem. J.* 90, 189.
- Jenkin, G., Young, I.R., 2004.** Mechanisms responsible for parturition: the use of experimental models. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83, 567-581.
- Jenkinson, C.M.C., Peterson, S.W., Mackenzie, D.D.S., MacDonald, M.F., McCutcheon, S.N., 1995.** Seasonal effects on birth weight in sheep are associated with changes in placental development. *N.Z.J. Agri. Res.* 38: 337-345.
- Kannan, G., Terrill, T.H., Kouakou, B., Gazal, O.S., Gelaye, S., Amoah, E.A. and Samake, S., 2000.** Transportation of goats: effects on physiological stress responses and live weight loss. *J. Anim. Sci.*, 78: 1450-1457.
- Keller, H.F., Chew, B.P., Erb, R.E., Malven, P.V., 1977.** Mammary transfer of hormones and constituents into secretions when cows were milked or secretions were sampled prepartum. *J. Dairy Sci.*, 60, 546-556.
- Keller, M., Meurisse, M., Poindron, P., Nowak, R., Ferreira, G., Shayit, M., & Lévy, F., 2003.** Maternal experience influences the establishment of visual/auditory, but not olfactory recognition of the newborn lamb by ewes at parturition. *Developmental Psychobiology*, 43, 167-176.
- Kenyon, P.R., Stafford, K.J., Morel, P.C.H., Morris, S.T., 2005.** Does sward height grazed by ewes in mid- to late-pregnancy affect indices of colostrum intake by twin and triplet lambs? *New Zeal Vet J.* 53(5), 336-339.
- Kerslake, J.I., 2010.** *Improving triplet lamb survival in New Zealand.* Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Animal Science. Massey University, Palmerston North, New Zealand, pp. 215.
- Kerslake, J.I., Everett-Hincks, J.M., Campbell, A.W., 2005.** Lamb survival: a new examination of an old problem. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 65, 13-15.
- Kerslake, J.I., Kenyon, P.R., Stafford, K.J., Morris, S.T., Morel, P.C.H., 2010.** Do lambs within a twin and triplet-born litter produce different amounts of heat during a cold stress event? *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 70: 171-174.
- Keverne, E.B., Levy, F., Poindron, P., Lindsay, D.R., 1982.** Vaginal stimulation: an important determination of maternal bonding in sheep. *Science*, 219: 81-83.
- Khalaf, A.M., Doxey D.L., Baxter, J.T., Black, W.J.M., Fitzsimons, J.A., 1979.** Late pregnancy ewe feeding and lamb performances in early life. *Anim. Prod.*, 29, 401-410.
- Khallouk, M., 1987.** *Analyse génétique des performances de reproduction et déterminisme héréditaire de la taille de portée chez la race D'man.* Mémoire 3<sup>ème</sup> cycle Agronomie, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 113.
- Khan, A., Sultan, M.A., Jalvi, M.A., Hussain, I., 2006.** Risk factors of lamb mortality in Pakistan. *Anim. Res.* 55, 301-311.

- Khong, T.Y., Adema, E.D., Erwich, J.J., 2003.** On an anatomical basis for the increase in birth weight in second and subsequent born children. *Placenta* 24: 348-353.
- Kilgour, R.J., Szantar-Coddington, M.R., 1995.** Arena behavior of ewes selected for superior mothering ability differs from that of unselected ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 37, 133-141.
- Kleemann, D.O., Walker, S.K., 2005.** Fertility in South Australian commercial Merino flocks: Sources of reproductive wastage. *Theriogenology*, 63: 2075-2088.
- Knight, T.W., Lynch, P.R., Hall, D.R.H., Hockey, H.U.P., 1988.** Identification of factors contributing to the improved lamb survival in Marshall Romney sheep. *N.Z.J. Agric. Res.* 31, 259-271.
- Kolb, E., 1975.** *Physiologie des animaux domestiques*, édition Vigot Paris, 974 p.
- Kott, R.W., Ruttle, J.L., Southward, G.M., 1983.** Effects of vitamin E and selenium injections on reproduction and preweaning lamb survival in ewes consuming diets marginally deficient in selenium. *J. Anim. Sci.* 57, 557-558.
- Kriese, L.A., Van Vleck, L.D., Gregory, K.E., Bolman, K.G., Cundiff, L.V., Koch, R.M., 1994.** Estimates of genetic parameters for 320-day pelvic measurements of males and females and calving ease of 2-year-old females. *J. Anim. Sci.*, 72: 1954-1963.
- Krishnamurti, C.R., Kitts, D.D., Kitts, W.D., Tompkins, J.G., 1982.** Myometrial changes in the uterus of the sheep around parturition. *J. Reprod. Fertil.*, 64, 59-67.
- Kronfeld, D.S., 1972.** Ketosis in pregnant sheep and lactating cow. *Aust. veter. J.*, 48, 680-686.
- Kruse, V., 1970a.** Yield of colostrum and immunoglobulin in cattle at the first milking after parturition. *Anim. Prod.*, 12, 619-626.
- Kruse, V., 1970b.** Absorption of immunoglobulin from colostrum in newborn calves. *Anim. Prod.*, 12, 627-638.
- Krzyścin, P., Korman, K., 2009.** Two epitopes of blood serum immunoglobulins as indicators of physiological antibody deficiency in lambs. *Ann. Anim. Sci.*, 9 (1), 27-33.
- Kuzawa, C.W., 2005.** Fetal origins of developmental plasticity: are fetal cues reliable predictors of future nutritional environments? *American Journal of Human Biology*, 17: 5-21.
- Lahlou-Kassi, A. and Mariana, J.C., 1984.** Ovarian follicular growth during the oestrus cycle in two breeds of ewes of different ovulation rate, the D'man and Timahdite. *Journal of Reproduction and Fertility* 72, 301-310.
- Lahlou-Kassi, A. and Marie, M., 1981.** A note on ovulation rate and embryonic survival in D'man ewes. *Animal Production* 32: 227-229.
- Lahlou-Kassi, A. and Marie, M., 1985.** Sexual and ovarian function of the D'man ewe. In: Land, B.R. and Robinson, D.W., (Eds.) *Genetics of reproduction in sheep*. Butterworths, London, pp. 245-260.
- Lahlou-Kassi, A., 1980.** Comportement sexuel et fécondité de la brebis D'man hors de son berceau. *Proceedings Séminaire sur l'Élevage ovin D'man, Quarzate, Maroc*, pp. 87-98.
- Lahlou-Kassi, A., 1982.** *Étude comparée de la dynamique folliculaire cyclique chez des brebis à haut et à bas taux d'ovulation: races D'man et Timahdit*. Thèse Doctorat es-Sciences Agronomiques, I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc, pp 145.
- Lahlou-Kassi, A., Berger, Y.M., Bradford, G.E., Boukhliq, R., Tibary, A., Derquaoui, L., 1989.** Performance of D'man and Sardi sheep on accelerated lambing. 1. Fertility, litter size, postpartum anoestrus and puberty. *Small Ruminant Research* 2: 225-239.
- Lahlou-Kassi, A., Schams, D. and Glatzel, P., 1984.** Plasma gonadotrophin concentrations during the oestrus cycle and after ovariectomy in two breeds of sheep with low and high fecundity. *Journal of Reproduction and Fertility* 70, 165-173.

- Langlands, J.P., Donald, G.E., Bowles, J.E., Smith, A.J., 1991.** Subclinical selenium deficiency. 2. The response in reproductive performance of grazing ewes supplemented with selenium. *Aust. J. Exp. Agric.* 31, 33-35.
- Larifi, M., 2001.** *Cours de physiologie de la reproduction*. Département des sciences vétérinaires de l'Université Saad Dahleb de Blida, Algérie.
- Larson, B.L., Heary, H.L., Devery, J.E., 1980.** Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.*, 63, 665-671.
- Lassoued, N., Rekik, M., 2001.** Differences in reproductive efficiency between female sheep of the Queue fine de l'Ouest purebred and their first cross with D'man. *Anim. Res.*, 50: 373-381.
- Laster, D.B., Gregory, K.E., 1973.** Factors influencing peri and early postnatal calf mortality. *J. Anim. Sci.*, 37, 1092-1097.
- Le Neindre, P., Murphy, P.M., Boissy, A., Purvis, I.W., Lindsay, D., Orgeur, P., Bouix, J., Bibé, B., 1998.** Genetics of maternal ability in cattle and sheep. In: *Proceedings of the 6th World Congress on Genetic Livestock Production*, vol. 27. pp. 23-30.
- Lea, R.G., Hannah, L.T., Redmer, D.A., Aitken, R.P., Milne, J.S., Fowler, P.A., Murray, J.F., Wallace, J.M., 2005.** Developmental indices of nutritionally induced placental growth restriction in the adolescent sheep. *Pediatr. Res.* 57: 599-604.
- Leary, H.L., Larson, B.L., Nelson, D.R., 1982.** Immunohistochemical localization of IgG1 and IgG2 in prepartum and lactating bovine mammary tissue. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 3, 509-514.
- Lecce, J.G., Morgan, D.O., 1962.** Effect of dietary regimens on cessation of intestinal absorption of large molecules (closure) in the neonatal pig and lamb. *J. Nutr.*, 78, 263-268.
- Lecce, J.G., Morgan, D.O., Matrone, G., 1964.** Effects of feeding colostrum and milk components on the cessation of intestinal absorption of large molecules (closure) in neonatal pigs. *J. Nutr.*, 84, 43-48.
- Lécrivain, E., Janeau, G., 1987.** Isolation and shelter-seeking behaviour of ewes lambing in large and shrubby paddocks. *Biol. Behav.* 12, 127-148.
- Lécrivain, E., Janeau, G., 1988.** Mortalité néonatale d'agneaux nés en plein air sans aide de l'éleveur. *INRA Prod. Anim.*, 1, 331-338.
- Lee, C.S., Outteridge, P.M., 1981.** Leucocytes of sheep colostrum, milk and involution secretion, with particular reference to ultrastructure and lymphocytes subpopulations. *J. Dairy Sci.*, 48, 225-237.
- Lee, C.S., Wooding, F.B., Kemp, P., 1980.** Identification, properties and differential counts of cell populations using electron microscopy of dry cows secretions, colostrum and milk from normal cows. *J. Dairy Sci.*, 47, 39-50.
- Lent, P.C., 1974.** Mother-infant relationships in ungulates. In: Geist V., Walther F. (Eds.), *The Behaviour of Ungulates and its Relationship to Management*. IUCN Publication No. 24, Morges, Switzerland, pp. 14-55.
- Leuthold, W., 1977.** *African Ungulates: a Comparative Review of their Ethology and Behavioral Ecology*, Springer-Verlag, Berlin p 297.
- Levieux, D., 1984.** Transmission de l'immunité passive colostrale: le point des connaissances. In: R Jarrige Ed. *Physiologie et Pathologie Périnatales chez les Animaux de Ferme*, INRA, Paris, p 345-369.
- Lévy, F., Gervais, R., Kinderman, U., Litterio, M., Poindron, P., Porter, R., 1991.** Effects of early postpartum separation on maternal selectivity and responsiveness in parturient ewes. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 31, 101-110.
- Lévy, F., Keller, M., Poindron, P., 2004.** Olfactory regulation of maternal behavior in mammals. *Hormones and Behavior* 46, 284-302.

- Lévy, F., Lacatelli, A., Piketty, V., Tillet, Y., Poindron, P., 1995.** Involvement of the main but not the accessory olfactory system in maternal behaviour of primiparous and multiparous ewes. *Physiol. Behav.* 57, 97-104.
- Lickliter, R.E., Heron, J.R., 1984.** Recognition of mother by newborn goats. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 12, 187-192.
- Liggins, C.G., 1994.** The role of cortisol in preparing the fetus for birth. *Reproduction, Fertility and Development* 6, 141-150.
- Linden, G., Maraval, B., 1979.** Colostrum de vache: composition minérale et activité de la phosphatase alcaline. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.*, 19, 337-341.
- Locke, R.F., Serge, D., Myers, W.L., 1964.** The immunological behaviour of baby pigs. IV. Intestinal absorption and persistence of 6-6 S and 18 S antibodies of ovine origin and their role in the immunologic competence of baby pigs. *J. Immunol.*, 93, 576-584.
- Lomb, C., 1984.** Concentration of thyroxine and triiodothyronine in newborn lambs and their ewes as well as their relations to the perinatal survival of lambs. Doctoral thesis (vet. med.), University of Gießen, Germany, pp 156.
- London, J.C. and Weniger, J.H., 1996.** Investigation into traditionally managed Djallonké-sheep production in humid and subhumid zones of Asante, Ghana. V. Productivity indices. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 113: 483-492.
- Loos, R.J., Derom, C., Eeckels, R., Derom, R., Vlietinck, R., 2001.** Length of gestation and birthweight in dizygotic twins. *Lancet* 358, 560-561.
- Lynch, J.J., Hinch, G.N., Adams, D.B., 1992.** *The behaviour of sheep. Biological principles and implications for production.* Oxon, UK: C.A.B. International.
- Lynch, J.J., Mottershead, B.E., Alexander, G., 1980.** Sheltering behaviour and lamb mortality amongst shorn Merino ewes lambing in paddocks with a restricted area of shelter or no shelter. *Appl. Anim. Ethol.* 6, 163-174.
- Maden, M., Altumok, V., Birdane, F.M., Asla, V., Nizamlioglu, M., 2003.** Blood and colostrum/milk serum  $\gamma$ -glutamyltransferase activity as a predictor of passive transfer status in lambs. *Journal of Veterinary Medicine B*, 50, 128-131.
- Majeed, A.F., Taha, M.B., 1995.** Obstetrical disorders and their treatment in Iraqi Awassi ewes. *Small Rumin. Res.* 17, 65-69.
- Mandal, A., Prasad, H., Kumar, A., Roy, R., Sharma, N., 2007.** Factors associated with lamb mortalities in Muzaffarnagari sheep. *Small Rumin. Res.* 71, 273-279.
- Marzin, J., Brelurut, A., 1979.** Performances comparées des brebis Limousines et croisées Romanov en conduite relativement intensive. *Bull. Techn. CRZV Theix, INRA*, 37, 15-32.
- Mason, I.L., 1980.** Prolific tropical sheep. FAO, Animal Production and Health, paper 17. *Food and Agriculture Organisation, Rome*, pp 124.
- Matte, J.J., Girard, C.L., Seoane, J.R., Brisson, G.J., 1982.** Absorption of colostral immunoglobulin G in the newborn dairy calf. *J. Dairy Sci.* 65, 1765-1770.
- Mayer, B., Doleschall, M., Bender, B., Bartyik, J., Bosze, Z., Frenyó, L.V., 2005.** Expression of the neonatal Fc receptor (FcRn) in the bovine mammary gland. *J. Dairy Res.* 72: 107-12.
- Mc Donald, I., Robinson, J.J., Fraser, C., 1981.** Studies on reproduction on prolific ewes. 7. Variability on the growth of individual foetuses in relation to intra-uterine factors. *J. Agric. Sci., Camb.* 96, 187-194.
- McCoard, S.A., Peterson, S.W., Jenkinson, C.M.C., Campbell, J.W., NcCutcheon, S.N., 1996.** Seasonal effects of fetal growth in sheep. *Prod. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 56: 297-300.
- McCutcheon, S.N., Holmes, C.W., McDonald, M.F., 1981.** The starvation-exposure syndrome and neonatal lamb mortality. *A Rev. Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 41, 209-217.
- McEwan, A.D., Fisher, E.W., Selman, I.E., 1970.** Observations on the immune globulin levels of neonatal calves and their relationship to disease. *J. Comp. Pathol.*, 80, 259-265.

- McNeill, D.M., Murphy, P.M., Lindsay, D.R., 1998.** Blood lactose v. milk lactose as a monitor of lactogenesis and colostrum production in Merino ewes. *Aust. J. Agric. Res.* 49, 581-587.
- McSparran, K.D., and Fielden, E.D., 1979.** Studies on dystocia in sheep. II. Pelvic measurements of ewes with histories of dystocia and eutocia. *N.Z. Vet. J.*, 27: 75-78.
- Mellado, M., Pittroff, W., García G.E., Mellado, J., 2008.** Serum IgG, blood profiles, growth and survival in goat kids supplemented with artificial colostrum on the first day of life. *Trop Anim Health Prod* 40: 141-145.
- Mellor, D.J. and Matheson, I.C., 1979.** Daily changes in the curved crown-rump length of individual sheep fetuses during the last 60 days of pregnancy and effects of different levels of maternal nutrition. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 64 119-131.
- Mellor, D.J. and Stafford, K.J., 2004.** Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *Vet. J.*, 168: 118-133.
- Mellor, D.J., 1988.** Integration of perinatal events, pathophysiological changes and consequences for the newborn lamb. *British Veterinary Journal* 144, 552-569.
- Mellor, D.J., Cockburn, F., 1986.** A comparison of energy metabolism in the newborn infant, piglet and lamb. *Q. J. Exp. Physiol.* 71, 361-379.
- Mellor, D.J., Murray, L., 1985.** Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish Blackface ewes with twin lambs. *Res. Vet. Sci.* 39, 230-234.
- Mendel, C., Scholaut, W., Pirchner, F., 1989.** Performance of Merinolandschaf and Bergschaf under an accelerated lambing system. *Livest. Prod. Sci.* 21, 131-141.
- Mendel, M., 1988.** The effects of litter size variation on mother-offspring relationships and behavioural and physical development in several mammalian species (principally rodents) *Journal of Zoology*, London: 215 15-34.
- Mersmann, H.J., MacNeil, M.D., 1985.** Relationship of plasma lipid concentrations to fat deposition in pigs. *J. Anim. Sci.* 61, 122-128.
- Micusan, V.V., Borduas, A.G., 1976.** Preferential transport into colostrum of Fc fragment derived from serum IgG1 immunoglobulin in the goat. *Res. Vet. Sci.*, 21, 150-154.
- Miller, D.R., Blache, D., Jackson, R.B., Downie, E.F., Roche, J.R., 2010.** Metabolic maturity at birth and neonate lamb survival: Association among maternal factors, litter size, lamb birth weight, and plasma metabolic and endocrine factors on survival and behaviour. *J. Anim. Sci.* 88: 581-592.
- Miller, D.R., Jackson, R.B., Blache, D., Roche, J.R., 2009.** Metabolic maturity at birth and neonate lamb survival and growth: the effects of maternal low-dose dexamethasone treatment. *J. Anim. Sci.* 87, 3167-3178.
- Milley, J.R., 1993.** Exogenous substrate uptake by fetal lambs during reduced glucose delivery. *American Journal of Physiology*, 264: E250-E256.
- Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole, MAMVA, 1993.** *Enquête Elevage*. Rabat, Maroc.
- Mitchell, L.M., Robinson, J.J., Watt, R.G., McEvoy, T.G., Ashworth, C.J., Rooke, J.A., Dwyer, C.M., 2007.** Effects of cobalt/vitamin B12 status in ewes undergoing ovum recovery and transfer procedures on embryo development and lamb viability at birth. *Reprod. Fertil. Dev.* 19, 553-562.
- Moog, F., 1979.** Endocrine influences of the functional differentiation of the small intestine. *J. Anim. Sci.*, 49, 239-249.
- Morgan, J.E., Fogarty, N.M., Nielsen, S. and Gilmour, A.R., 2005.** The relationship of early lamb growth with ewe age and milk production. *Proc. Assoc. Adv. Anim. Breed. Genet.* Noosa Lakes, Queensland, Australia. 16: 326-329.

- Morgan, P.D., Boundy, C.A.P., Arnold, G.W., Lindsay, D.R., 1975.** The roles played by the senses of the ewe in the location and recognition of lambs. *Appl. Anim. Ethol.* 1, 139-150.
- Morris, I.G., 1968.** Gammaglobulin absorption in the newborn. In *Handbook of Physiology, American Physiological Society, Code, Ch. F., (Ed), Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1491-1512.*
- Morris, S.T., Kenyon, P.R., 2004.** The effect of litter size and sward height on ewe and lamb performance. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 47 (3), 275-286.
- Morris, S.T., Kenyon, P.R., 2004.** The effect of litter size and sward height on ewe and lamb performance. *New Zeal. J. Agric. Res.* 47, 275-286.
- Mory, G., Bouillaud, F., Combes-George, M., Ricquier, D., 1984.** Noradrenaline controls the concentration of uncoupling protein in brown adipose tissue. *FEBS Lett.* 166, 393-396.
- Mostyn, A., Pearce, S., Budge, H., Elmes, M., Forehead, A.J., Fowden. A.L., Symonds M.E., and Stephenson, T., 2003.** Influence of cortisol on adipose tissue development in the fetal sheep during late gestation. *J Endocrinol* 176, 23-30.
- Mount, L.E., Stephens, D.B., 1970.** Relation between body size and maximum and minimum metabolic rates in new-born pig. *Journal of Physiology-London* 207, 417-427.
- Munoz, C., Carson, A.F., McCoy, M., Dawson, L.E.R., Gordon, A., 2006.** Nutritional status of ewes in early and mid pregnancy. 2. Effect of selenium supplementation on ewe reproduction and off spring performance. *Proc. Brit. Soc. Anim. Sci.*, 7 (abstract).
- Murata, H., Namioka, S., 1977.** The duration of colostral immunoglobulin uptake by the epithelium of the small intestine of neonatal piglets. *J. Comp. Pathol.*, 87, 431-439.
- Murphy, P.M., Lindsay, D.R., Le Neindre, P., 1998.** Temperament of merino ewes influences maternal behaviour and survival of lambs. In: *Proceedings of the 32nd Congress on Int. Soc. Appl. Ethol.* p 31.
- Murphy, P.M., Lindsay, D.R., Purvis, I.W., 1994.** The importance of the birth site on the survival of Merino lambs. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 20, 251-254.
- Murphy, P.M., McNeill, D.M., Fisher, J.S., Lindsay, D.R., 1996.** Strategic feeding of Merino ewes in late pregnancy to increase colostrum production. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, 21, 227-230.
- Nazifi, S., Gheisari H.R., Shaker, F., 2002.** Serum lipids and lipoproteins and their correlations with thyroid hormones in clinically healthy goats. *Veterinarski Arhiv*, 72, 249-257.
- Nazifi, S., Saeb, M., Abedi, M., 2003.** Serum lipid profiles and their correlation with thyroid hormones in clinically healthy Turkomen horses. *Comp. Clin. Pathol.*, 12: 49-52.
- Nazifi, S., Saeb, M., Rowghani, E., Hasankhani, M., Hasankhani, F., and Ghafari, N., 2007.** Studies on the relationship between thyroid hormones, serum lipid profile and erythrocyte antioxidant enzymes in clinically healthy Iranian fat-tailed sheep. *Bulgarian J. Vet. Med.*, 10: 161-167.
- Nedergaard, J., Golozoubova, V., Matthias, A., Shabalina, I., Ohba, K., Ohlson, K., Jacobsson, A., Cannon, B., 2001.** Life without UCP1: mitochondrial, cellular and organismal characteristics of the UCP1-ablated mice. *Biochem Soc Trans* 29, 756-763.
- Newby, T.J., Bourne, F.J., 1977.** The nature of the local immune system of the bovine mammary gland. *J. Immunol.*, 118, 461-465.
- Nicoll, G. B., Dodds, K. G., Alderton, M. J. 1999.** Field data analysis of lamb survival and mortality rates occurring between pregnancy scanning and weaning. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 59: 98-100.
- Notter, D.R., Copenhaver, J.S., 1980.** Performance of Finnish Landrace crossbreed ewes under accelerated lambing. II. Lamb growth and survival. *J. Anim. Sci.* 51, 1043-1050.

- Notter, D.R., Kelly, R.F., McClaugherty, F.S., 1991.** Effects of ewe breed and management system on efficiency of lamb production. II. Lamb growth, survival and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 69, 22-33.
- Nowak, R., 1990.** Lamb bleats: Important for the establishment of the mother-young bond? *Behaviour* 115, 14-29.
- Nowak, R., 1991.** Development of mother discrimination by single and multiple newborn lambs. *Anim. Behav.* 42, 357-366.
- Nowak, R., 1996.** Neonatal survival: contribution from behavioural studies in sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 49, 61-72.
- Nowak, R., 1998.** Développement de la relation mère-jeune chez les Ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 11 (2), 115-124.
- Nowak, R., Lindsay D.R., 1992.** Discrimination of merino ewes by their newborn lambs: important for survival? *Applied Animal Behaviour Science* 34, 61-74.
- Nowak, R., Lindsay, D.R., 1990.** Effect of genotype and litter size on discrimination of mothers by their twelve-hour-old lambs. *Behaviour*, 115 (1-2): 1-13.
- Nowak, R., Murphy, T.M., Lindsay, D.R., Alster, P., Andersson, R., Uvnäs-Moberg, K., 1997.** Development of a preferential relationship with the mother by the newborn lamb: importance of the sucking activity. *Physiol. Behav.* 62, 681-688.
- Nowak, R., Poindron, P., 2006.** From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nutr. Dev.*, 46: 431-446.
- Nowak, R., Poindron, P., Le Neindre, P., Putu, I.G., 1987.** Ability of 12-hour old Merinos and crossbred lambs to recognise their mothers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 17, 263-271.
- Nowak, R., Poindron, P., Putu, I.G., 1990.** Development of mother discrimination by single and multiple newborn lambs. *Dev. Psychobiol.*, 22, 833-845.
- Nowak, R., Poter, H. R., Lévy, F., Orgeur, P. and Schaal, B., 2000.** Role of mother-young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. *Reviews of reproduction* 5, 153-163.
- O'Brien, J.P., Sherman, D.M., 1993.** Serum immunoglobulin concentrations of newborn goat kids and subsequent kid survival through weaning. *Small Rumin. Res.* 11, 71-77.
- O'Connor, C.E., Jay, N.P., Nicol, A.M., Beatson, P.R., 1985.** Ewe maternal behaviour score and lamb survival. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 45, 159-162.
- O'Connor, C.E., Lawrence, A.B., 1992.** Relationship between lamb vigour and ewe behaviour at parturition. *Anim. Prod.* 54, 361-366.
- O'Connor, C.E., Lawrence, A.B., Wood-Gush, D.G.M., 1992.** Influence of litter size and parity on maternal behaviour at parturition on Scottish Blackface sheep. *Appl Anim Behav Sci*, 33: 345-355.
- O'Doherty, J.V., Crosby, T.F., 1996.** The effect of diet in late pregnancy on progesterone concentration and colostrum yield in ewes. *Theriogenology* 46, 233-241.
- Obst, J.M., Ellis, J.V., 1977.** Weather, ewe behaviour and lamb mortality. *Agric. Rec.* 4, 44-49.
- Offer, N.W., Tas, M.V., Axford, F.E., Evans, R.A., 1975.** The effect of glucose infusion on the plasma free amino acids in sheep. *Br. J. Nutr.*, 34, 375-382.
- Olson, D.P., Papasian, C.J., and Ritter, R.C., 1980.** The effects of cold stress on neonatal calves II. Absorption of colostrum immunoglobulins. *Can. J. comp. Med.* 44: 19-23.
- Olson, D.P., Ritter, R.C., Papasian, C.J., Gutenberger, S., 1981.** Sympathoadrenal and adrenal hormonal responses of new-born calves to hypothermia. *Can. J. Comp. Med.*, 45, 321-336.
- Ong, K.K., Preece, M.A., Emmett, P.M., Ahmed, M.L., Dunger, D.B., 2002.** Size at birth and early childhood growth in relation to maternal smoking, parity and infant breast-feeding: longitudinal birth cohort study and analysis. *Pediatric Research*, 52: 863-867.

- Ortavant, R., Bocquier, F., Pelletier, J., Ravault, P., Thimonier, J., Volland-Nail, P., 1988.** Seasonality of reproduction in sheep and its control by photoperiod. *Aust. J. Biol. Sci.* 41: 69-85.
- Owens, J.L., Bindon, B.M., Edey, T.N., Piper, L.R., 1985.** Behaviour at parturition and lamb survival of Booroola Merino sheep. *Livest. Prod. Sci.* 13, 359-372.
- Oztabaki, K., Ozpinar, A., 2006.** Growth performance and metabolic profile of Chios lambs prevented from colostrums intake and artificially reared on a calf milk replacer. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 30, 319-324.
- Patt, J.A., 1977.** Factors affecting the duration of intestinal permeability to macromolecules in newborn animals. *Biol. Rev.* 52, 41 1-429.
- Patt, J.A., Eberhart, R.J., 1976.** Effects of metyrapone and ACTH on intestinal absorption of immunoreactive bovine IgG in caesarean-derived pigs. *Am. J. Vet. Res.*, 37, 1409-1413.
- Pattinson, S.E., Davies, D.A.R., Winter, A.C., 1995.** Changes in the secretion rate and production of colostrum by ewes over the first 24 h post partum. *Animal Science*, 61, 01: 63-68.
- Payne, L.C., and Marsh, C.L., 1962.** Gammaglobulin absorption in the baby pig: the non-selective absorption of heterologous globulins and factors influencing absorption time. *Journal of Nutrition* 76: 151-158.
- Penhale, W.J., Logan, E.F., Selman, I.E., Fisher, E.W., McEwan, A.D., 1973.** Observations on the absorption of colostral immunoglobulins by the neonatal calf and their significance in colibacillosis. *Ann. Rech. Vét.*, 9: 235-238.
- Pierce, A.E., 1961.** Further studies on proteinuria in the newborn calf. *J. Physiol.*, 156, 136-149.
- Piccione, G., Borruso, M., Fazio, Giannetto, F.C., Caola, G. 2007.** Physiological parameters in lambs during the first 30 days postpartum. *Small Ruminant Research* 72: 57-60.
- Piccione, G., Casella, P., Pennisi, P., Giannetto, C., Costa, A., Caola, G., 2010.** Monitoring of physiological and blood paramaters during perinatal and neonatal period in calves. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 62: 1-12.
- Pickering, L.K., Cleary, T.G., Kohl, S., Getz, S., 1980.** Polymorphonuclear leukocytes of human colostrum. I. Oxidative metabolism and kinetics of killing of radiolabelled *Staphylococcus aureus*. *J. Infect. Dis.*, 142, 685-693.
- Pickup, H.E., 2003.** *Maternal behaviour in the ewe: consistency in the expression of maternal behaviour during lactation and the effect of variation in maternal care on the development of offspring.* Ph.D. thesis, University of Edinburgh.
- Pickup, H.E., Dwyer, C.M., 2002.** Breed differences in the expression of maternal care at parturition persist throughout the lactation period in sheep. *Proc. Br. Soc. Anim. Sci.* p 70.
- Pitt, J., Barlow, B., Heird, W.C., Santulli, T.V., 1974.** Macrophages and the protective action of breast milk in necrotizing enterocolities. *Pediatr. Res.*, 8, 110: 384-384.
- Poindron, P., 1981.** *Contribution à l'étude des mécanismes de régulation du comportement maternel chez la brebis (Ovis aries).* Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Provence, Aix Marseille I, France. pp 252.
- Poindron, P., Carrick, M. J., 1976.** Hearing recognition of the lamb by its mother. *Animal Behaviour*, 24, 600-602.
- Poindron, P., Keller, M., Lévy, F., 2007.** Maternal responsiveness and maternal selectivity in domestic sheep and goats: the two facets of maternal attachment. *Dev. Psychobiol.* 49, 54-70.
- Poindron, P., Le Neindre, P., 1980.** Endocrine and sensory regulation of the maternal behavior in the ewe. *Adv. Study Behav.* 11: 75-119.
- Poindron, P., Le Neindre, P., Lévy, F., Keverne, E.B., 1984a.** The physiological mechanisms of the acceptance of the newborn among sheep. *Biol. Behav.* 9, 65-88.

- Poindron, P., Le Neindre, P., Raksanyi, I., Trillat, G., Orgeur, P., 1980.** Importance of the characteristics of the young in the manifestation and establishment of maternal behaviour in sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 20, 817-826.
- Poindron, P., Lévy, F., Keller, M. 2007.** Maternal responsiveness and maternal selectivity in domestic sheep and goats: the two facets of maternal attachment. *Developmental Psychobiology* 49, 54-70.
- Poindron, P., Nowak, R., Levy, F., Porter, R.H., Schaal, B., 1993.** Development of exclusive mother-young bonding in sheep and goats. *Oxford Reviews of Reproductive Biology*, 15: 311-364.
- Poindron, P., Raksanyi, I., Orgeur, P., Le Neindre, P., 1984b.** Comparaison du comportement maternel en bergerie à la parturition chez des brebis primipares ou multipares de race Romanov, Préalpes du Sud et Ile-de-France. *Génét. Sél. Evol.* 16, 503-522.
- Poindron, P., Signoret, J.P., 1977.** Etude du comportement maternel de la brebis: Mécanismes de reconnaissance mutuelle de l'agneau et de sa mère. *Ann. Méd. Vét.*, 27-33.
- Poindron, P., Soto R., Romeyer A., 1997.** Decrease in response to social separation in preparturient ewes. *Behav. Process* 40, 45-51.
- Polk, D.H., Callegari, C.C., Newnham, J., Padbury, J.F., Reviczky, A., Fisher, D.A., Klein, A.H., 1987.** Effect of Fetal Thyroidectomy on Newborn Thermogenesis in Lambs. *Pediatric Research* 21, 453-457.
- Potter, B.J., McIntosh, G.H., Mano, M.T., Baghurst, P.A., Chavadej, J., Hua, C.H., Cragg, B.G., Hetzel, B.S., 1986.** The effect of maternal thyroidectomy prior to conception on foetal brain development in sheep. *Acta Endocrinologica* 112, 93-99.
- Pough, H., Hieser, J.B., McFarland, W.N., 1990.** Homeostasis and energetics: Water balance, temperature regulation and energy use. In, *Vertebrae life. MacMillian Publishing Company*, New York, USA.
- Prud'homme, M.J., Bosc, M.J., 1977.** Motricité utérine de la brebis avant, pendant et après la parturition spontanée ou après traitement par la dexaméthasone. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.*, 17, (1), 9-19.
- Putu, I.G., Poindron, P., Lindsay, D.R., 1988a.** Early separation of ewes from the birth site increases lamb separations and mortality. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 17, 298-301.
- Putu, I.G., Poindron, P., Lindsay, D.R., 1988b.** A high level of nutrition during late pregnancy improves subsequent maternal behaviour of Merino ewes. *Proc Aust Soc Anim Prod*, 17: 294-297.
- Quigley, III, J.D., Martin, K.R., Dowlen, H.H., Lamar, K.C., 1995.** Addition of soybean trypsin inhibitor to bovine colostrum: effects on serum immunoglobulin concentrations in Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 78, 886-892.
- Quigley, J., 2005.** Managing variation in calf and heifer programs. In: *Proc. 20<sup>th</sup> Annual Southwest Nutrition and Management Conference, 24-25 February, Tempe, Arizona. Arizona Board of Regents, Tucson*, pp. 11-22.
- Raymond, F., 1978.** Observations sur l'anoestrus post-partum des brebis de race D'man. *Hommes, Terre et Eaux* 28, 45-51.
- Redmer, D.A., Aitken, R.P., Milne, J.S., Reynolds, L.P., Wallace, J.M., 2005.** Influence of maternal nutrition on messenger RNA expression of placental angiogenic factors and their receptors at mid gestation in adolescent sheep. *Biol. Reprod.* 72: 1004-1009.
- Redmer, D.A., Wallace, J.M., Reynolds, L.P., 2004.** Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. *Domest. Anim. Endocrinol.* 27, 199-217.
- Reid, T.C., Sumner, R.M.W., Willson, D.L., 1988.** Performance parameters in an autumn lambing ewe flock. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 48: 91-94.

- Rekik, B., Ben Gara, A., Rouissi, H., Barka, F., Grami, A., and Khaldi, Z., 2008.** Performances de croissance des agneaux de la race D'man dans les oasis Tunisiennes. *Livestock Research for Rural Development*, 20. <http://www.lrrd.org/lrrd20/10/reki20162.htm>.
- Rekik, M., Aloulou, R., Ben Hamouda, M., 2005.** Small ruminant breeds of Tunisia. In: Iniguez, L. (Ed.), *Characterisation of Small Ruminant Breeds in West Asia and North Africa*. North Africa, vol. 2. International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, pp. 91-140.
- Rekik, M., Ben Hammouda, M., 2000.** A steering frame for the genetic improvement of sheep and goats in Tunisia. *Options Méditerranéennes*, A (43) 129-136.
- Rekik, M., Ben Salem, I., Khbou-Khamassi, M., Letaïf, S., Chebbi, M., 2011.** Place des biotechnologies de la reproduction dans la gestion des programmes d'amélioration génétiques des ovins en Tunisie. *Options Méditerranéennes*, A (97) 95-101.
- Rekik, M., Lassoued, N., Yacoubi, C., 2002.** Reproductive performances in ewe lambs of the Queue fine de l'Ouest and their D'man crosses following synchronisation. *Small Ruminant. Res.*, 45: 75-78.
- Rensing, S., 1985.** *Untersuchungen zur Merkmalsbeziehung zwischen Fruchtbarkeit und Vitalität beim Schaf*. Doctoral thesis, University of Göttingen, Germany.
- Rhind, S.M., Archer, Z.A., Adam, C.L., 2002.** Seasonality of food intake in ruminants: recent developments in understanding. *Nutr. Res. Rev.* 15, 43-65.
- Rhind, S.M., Robinson, J.J., Mc Donald, I., 1980.** Relationships among uterine and placental factors in prolific ewes and their relevance to variations in foetal weight. *Anim. Prod.*, 30, 115-124.
- Ribeiro, M.O., Carvalho, S.D., Schultz, J.J., Chiellini, G., Scanlan, T.S., Bianco, A.C., Brent, G.A., 2001.** Thyroid hormone-sympathetic interaction and adaptive thermogenesis are thyroid hormone receptor isoform-specific. *Journal of Clinical Investigation*, 108: 97-105.
- Robinson, J.D., Stott, G.H., DeNise, S.K., 1988.** Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71, 1283-1287.
- Robinson, J.J., Mcdonald, I., 1989.** Ewe nutrition, foetal growth and development. In: *Reproduction, growth and nutrition in sheep*. Dyrmondsson, O.R. and Thorgeirsson, S. (Eds.). Agricultural Research Institute and Agricultural Society, Iceland, Reykjavik. pp 57-77.
- Robinson, J.J., Mcdonald, I., Fraser, C., Crofts, R.M.J., 1977.** Studies on reproduction in prolific ewes. 1. Growth of products of conception. *Journal of Agricultural Science*, 88: 539-552.
- Rodinova, H., Kroupova, V., Travnicek, J., Stankova, M., Pisek, L., 2008.** Dynamics of IgG in the blood serum of sheep with different selenium intake. *Veterinarni Medicina*, 53: 260-265.
- Rooke, J.A., Houdijk, J.G.M., McIlvaney, K., Ashworth, C.J., Dwyer, C.M., 2010.** Differential effects of maternal undernutrition between days 1 and 90 of pregnancy on ewe and lamb performance and lamb parasitism in hill or lowland breeds. *J. Anim. Sci.*, 88: 3833-3842.
- Rose, M.T., Wolf, B.T., Haresign, W., 2007.** Effect of the level of iodine in the diet of pregnant ewes on the concentration of immunoglobulin G in the plasma of neonatal lambs following the consumption of colostrum. *British Journal of Nutrition* 97, 315-320.
- Rousseau, J.P., Prud'homme, M.J., 1974.** Motricité utérine: ses facteurs de régulation, ses caractéristiques pendant la gestation et la parturition. In *Avortement et parturition provoqués*. Bosc, M.J., Palmer, R., et Sureau, Cl., (Ed). Masson, Paris, 25-58.
- Sanhoury, A.A., Jones, R.S., and Dobson, H., 1991.** Pentobarbitone inhibits the stress response to transportation in male goats. *Br. Vet. J.* 147: 42-48.
- Sasaki, M., Davis, C.L., Larson, B.L., 1977.** Production and turnover of IgG1 and IgG2 immunoglobulins in the bovine around parturition. *J. Dairy Sci.*, 59, 2046-2055.

- Sawyer, M., Willadsen, C.H., Osburn, B.I. and McGuire, T.C., 1977.** Passive transfer of colostral immunoglobulins from ewe to lamb and its influence on neonatal lamb mortality. *Journal of the American Veterinary and Medical Association* 171: 1255-1259.
- Scales, G.H., Burton, R.N., Moss, R.A., 1986.** Lamb mortality, birthweight, and nutrition in late pregnancy. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 29, 75-82.
- Schaal, B., Orgeur, P., Arnould, C., 1995.** Olfactory preferences in newborn lambs: possible influence of prenatal experience. *Behaviour*, 132, 351-365.
- Schmidt, P., 1982.** *Etude du comportement maternel à la parturition chez la brebis en fonction du système de conduite et de la race (bergerie permanente, garrigue sans gardiennage, prairie irriguée; Romanov, Mérinos d'Arles, Romanov x Mérinos d'Arles)*. DEA Sciences Agronomiques. Institut National de la Recherche Agronomique, Université Montpellier II, France.
- Sèbe, F., Aubin, T., Nowak, R., Sèbe, O., Perrin, G., Poindron, P., 2011.** How and when do lambs recognize the bleats of their mothers? *Bioacoustic*, 20: 341-356.
- Sèbe, F., Nowak, R., Poindron, P., Aubin, T., 2007.** Establishment of vocal communication and discrimination between ewes and their lamb in the first two days after parturition. *Developmental Psychobiology*, 49: 375-386.
- Seegers, H., Denis, B., Malher, X., Blain, J. J., 1984.** Enquêtes sur la mortalité des agneaux dans les élevages intensifs de l'ouest. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 160, 643-649.
- Selman, I.E., McEwan, A.D., Fisher, E.W., 1971.** Absorption of immune lactoglobulin by new born dairy calves. Attempts to produce consistent immune lactoglobulin absorptions in new born dairy calves using standardised methods of colostrum feeding and management. *Res. Vet. Sci.* 12, 205-218.
- Shelton, M., Huston, J.E., 1968.** Effect of high temperature stress during gestation on certain aspects of reproduction in the ewe. *J. Anim. Sci.* 27, 153-158.
- Shillito, E.E. and Hoyland, V.J., 1971.** Observation on parturition and maternal care in Soay sheep. *Journal of Zoology*, London 165, 509-512.
- Shillito, E.E., Alexander, G., 1975.** Mutual recognition between ewes and lambs of four breeds of sheep (*Ovis aries*). *Appl. Anim. Ethol.*, 1, 151-165.
- Shillito-Walser, E., 1980.** Maternal recognition and breed identity in lambs living in a mixed flock of Jacob, Clun Forest and Dalesbred sheep. *Appl. Anim. Ethol.* 6, 221-231.
- Shillito-Walser, E., Hague, P., Walters, E., 1981.** Vocal recognition of recorded lambs voices by ewes of three breeds of sheep. *Behaviour* 78, 260-272.
- Shillito-Walser, E., Walters, E., Ellison, J., 1984.** Observations on vocalization of ewes and lambs in the field. *Behaviour* 91, 190-203.
- Shillito-Walser, E., Willadsen, S., Hague, P., 1982b.** Maternal vocal recognition in lambs born to Jacob and Dalesbred ewes after embryo transplantation between breeds. *Appl. Anim. Ethol.* 8, 479-486.
- Shillito-Walser, E.E., Walters, E., Hague, P., 1982a.** Vocal communication between ewes and their own and alien lambs. *Behaviour*, 81, 140-150.
- Silanikove, N., 1992.** Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: A review. *Livestock Prod. Sci.*, 30: 175-194.
- Silva, J.E., 1995.** Thyroid hormone control of thermogenesis and energy balance. *Thyroid*, 5: 481-92.
- Silva, J.E., 2001.** The multiple contributions of thyroid hormone to heat production. *Journal of Clinical Investigation*, 108: 35-37.
- Slee, J. and Springbett, A., 1986.** Early post-natal behaviour in lambs of ten breeds. *Appl. Anim. Beha. Sci.*, 15: 229-240.
- Slee, J., 1976.** Cold stress and perinatal mortality in lambs. In: *16th Vet. Ann., Wright, Bristol*, pp. 66-69.

- Slee, J., 1981.** A review of genetics aspects of survival and resistance to cold in new born lambs. *Livestock prod. Sci.*, 8: 419-429.
- Smith, G.M., 1977.** Factors affecting birth weight, dystocia and preweaning survival in sheep. *J. Anim. Sci.* 44: 745-753.
- Smith, F.V., 1965.** Instinct and learning in the attachment of lamb and ewe. *Anim. Behav.* 13: 84-86.
- Smotherman, W.P., Robinson, S.R., 1987.** Psychobiology of fetal experience in the rat. In: Krasnegor, N.A., Blass, E.M., Hofer, M.A., Smotherman, W.P., (Eds), *Perinatal Development, a Psychobiological Perspective*, 39-60. Academic Press, New York.
- Sobiech, K.A., Ziomek, E., Szewczuk, A., 1974.** Purification and some properties of  $\gamma$ -glutamyltransferase from cow's milk. *Archiv. Immunol., Ther. Exp.*, 22, 645-655.
- Stafford, K.J., Kenyon, P.R., Morris, S.T., West, D.M., 2007.** The physical state and metabolic status of lambs of different birth rank soon after birth. *Livestock Science* 111: 10-15.
- Stanko, R.L., Guthrie, M.J., Randel, R.D., 1991.** Response to environmental temperatures in Brahman calves during the first compared to the second day after birth. *J. Anim. Sci.*, 69, 4419-4427.
- Stegeman, J.H.J., 1974.** Placental development in the sheep and its relation to fetal development: a qualitative and quantitative anatomic and histologic study. *Contributions to Zoology*, 44: 3-73.
- Sterzl, J., Silverstein, A.M., 1967.** Developmental aspects of immunity. In: Dixon, F.J., Humphrey, J.H. (Eds.), *Advances in Immunology*, 6th edition. Academic Press, New York, pp. 337-459.
- Stevens, D., Alexander, G., Bell, A.W., 1990.** Effect of prolonged glucose-infusion into foetal sheep on body growth, fat deposition and gestation and gestation length. *Journal of Development Physiology* 13, 277-281.
- Stevens, D., Alexander, G., Lynch, J.J., 1981.** Do merinos seek isolation or shelter at lambing? *Appl Anim. Ethol.* 7, 149-155.
- Stevens, D., Alexander, G., Lynch, J.J., 1982.** Lamb mortality due to inadequate care of twins by merino ewes. *Appl. Anim. Ethol.* 8, 243-252.
- Stevens, D., Alexander, G., Mottershead, B.E., Lynch, J.J., 1984.** Role of the lambs in post-partum separation of ewes from twin lambs. *Proc Aust Soc Anim Prod.* 15: 751.
- Stott, G.H., Reinhard, E.J., 1978.** Adrenal function and passive immunity in the dystocial calf. *J. Dairy Sci.* 61, 1457-1461.
- Stott, G.H., Wiersma, F., Menefee, B.E., Radwanski, 1976.** Influence of environment on passive immunity in calves. *J. Dairy Sci.*, 59, 1306-1311.
- Strutz, G., Glombitza, K.F., 1986.** Les moutons Djallonké élevés par les villageois au Congo peuvent-ils être sélectionnés pour l'augmentation du poids. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 39: 107-111.
- Sunehag, A.L., Haymond, M.W., 2002.** Glucose extremes in newborn infants. In: Berseth CL, editor. Recent advances in neonatal nutrition. *Clin Perinatol*, 29: 244-260.
- Sykes, A.R., Griffiths, R.G., Slee, J., 1976.** Influence of breed, birth weight and weather on the body temperature of newborn lambs. *Anim. Prod.* 22, 395-402.
- Symonds, M.E., Andrews, D.C., Johnson, P.J., 1989.** The control of thermoregulation in the developing lamb during slow wave sleep. *J. Dev. Physiol.* 11: 289-298.
- Symonds, M.E., Bird, J.A., Clarke, L., Gate, J.J. and Lomax, M.A., 1995.** Nutrition, temperature and homeostasis during perinatal development. *Exp. Physiol.* 80: 907-940.
- Symonds, M.E., Bryant M.J., Clarke L., Darby C.J., Lomax M.A., 1992.** Effect of maternal cold exposure on brown adipose tissue and thermogenesis in the neonatal lamb. *J. Physiol.*, (Lond) 455: 487-502.

- Symonds, M.E., Mostyn, A., Pearce, S., Budge, H. and Stephenson, T., 2003.** Endocrine and nutritional regulation of fetal adipose tissue development. *Journal of Endocrinology* 179, 293-299.
- Taye, M., Abebe, G., Gizaw, S., Lemma, S., Mekoya, A., Tibbo, M., 2010.** Growth performances of Washera sheep under smallholder management systems in Yilmanadensa and Quarit districts, Ethiopia. *Trop Anim Health Prod*, 42: 659-667.
- Terqui, M., Delous, C., 1975.** Les œstrogènes au cours de la gestation et la parturition chez la brebis, In *INRA ITOVIC, journées Recherches Ovines*, Ed. S.P.E.O.C., Paris, 332-341.
- Terrazas, A., Ferreira, G., Lévy, F., Nowak, R., Serafin, N., Orgeur, P., Soto, R. and Poindron, P., 1999.** Do ewes recognize their lambs within the first day postpartum without the help of olfactory cues? *Behavioural Process* 47, 19-29.
- Terrazas, A., Nowak, R., Serafin, N., Ferreira, G., Lévy, F., Poindron, P., 2002.** Twenty-four-hour-old lambs rely more on maternal behaviour than on the learning of individual characteristics to discriminate between their own and an alien mother. *Dev. Psychobiol.* 40, 408-418.
- Thompson, G.E., Bell, A.W., 1976.** Heat production in the newborn ox during noradrenaline infusion. *Biol. Neonate*, 28: 375-381.
- Thompson, J.C., Pauli, J.V., 1981.** Colostral transfer of gamma glutamyl transpeptidase in calves. *N.Z. Vet. J.*, 29, 223-226.
- Thompson, M.J., Briegel, J.R., Thompson, A.N. and Adams N.R., 2006.** Differences in survival and neonatal metabolism in lambs from flocks selected for or against staple strength. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57, 1221-1228.
- Thomson, B.C., Muir, P.D., Smith, N.B., 2004.** Litter size, lamb survival, birth and twelve week weight in lambs born to cross-bred ewes. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 66, 233-238.
- Tibbo, M., 2006.** *Productivity and health of indigenous sheep breeds and crossbreds in the central Ethiopian highlands*. Ph DThesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. Pp 76.
- Tissier, M., Thériez, M., 1978.** Ovins. In: *Alimentation des Ruminants*. INRA, Versailles, 403-448.
- Tissier, M., Thériez, M., Molenat, G., 1975.** Evolution des quantités d'aliment ingérées par les brebis à la fin de la gestation et au début de la lactation. *Ann. Zootech.*, 24, 711-727.
- Tizard, I., 1992.** Immunity in the fetus and newborn. In: *Veterinary Immunology*. Tizard, I. (Ed.), 4th edition. W.B. Saunders Company, London, pp. 248-257.
- Toutain, P.L., Garcia-Villar, R., Hanzen, C., Ruckebusch, Y., 1983.** Electrical and mechanical activity of the cervix in the ewe during pregnancy and parturition. *J. Reprod. Fertil.*, 68, 195-204.
- Turkson, P.K., Sualisu, M., 2005.** Risk factors for lamb mortality in Sahelian sheep on breeding station in Ghana. *Trop. Anim. Health and Prod.* 37, 49-64.
- Underwood, E.J., Suttle, N.F., 1999.** *The mineral of livestock*, CABI Publishing, Wallingford, New York. Pp 614.
- Van der Steen, H.A.M., Schaeffer, L.R., de Jong, H., and de Groot, P.N., 1988.** Aggressive behaviour of sows at parturition. *J. Anim. Sci.* 66:271-279.
- Velimir S., Vesna, P., Boro, M., Igor, Š., 2005.** Seasonal variations in lamb birth weight and mortality. *Vetrinarski Archiv* 75, (5) : 375-381.
- Vermorel, M., Dardillat, C., Vernet, J., Saïdo, Demigne, C., 1984.** Thermoregulation de l'agneau et du veau nouveau-nés. In: Jarrige, R. (Ed), *Physiologie et Pathologie Périnatales chez les Animaux de Ferme*, Paris, INRA, p 153-176.
- Viérin, M., Bouissou, M-F., 2002.** Influence of maternal experience on fear reactions in ewes. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 75, 307-315.

- Vihan, V.S., 1988.** Immunoglobulin levels and their effect on neonatal survival in sheep and goats. *Small Rumin. Res.* 1, 135-144.
- Villette, Y., Havet, A., Tchamitchian, L., Morand-Fehr, P., Theriez, M., Ricordeau, G., 1984.** Viabilité de l'agneau et du chevreau nouveau-nés. Poids à la naissance et types génétiques. In: *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme*. Jarrige, R. (Ed), INRA, Paris, p 309-328.
- Villette, Y., Leveux, D., 1981.** Etude de l'influence de l'âge de la mère sur la transmission de l'immunité passive colostrale chez l'agneau. *Ann. Rech. Vét.*, 12, 227-231.
- Vince, M.A. and Ward, T.M., 1984.** The responsiveness of newly born Clun forest lambs to odour sources in the ewe. *Behaviour* 89, 117-127.
- Vince, M.A., 1993.** Newborn lambs and their dams: the interactions that lead to suckling. *Adv. Study Behav.* 22, 239-268.
- Vince, M.A., Lynch, J.J., Mottershead, B.E., Green, G.C., Elwin, R.L., 1987.** Interactions between normal ewes and newly born lambs deprived of visual, olfactory and tactile sensory information. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 19, 119-136.
- Walker, S.K., Kleemann, D.O., and Bawden, C.S., 2003.** Sheep reproduction in Australia. Current status and potential for improvement through flock management and gene discovery. *Meat and Livestock Australia and the South Australian Research and Development Institute, Australia.*
- Wallace, J.M., Aitken, R.P., and Cheyne, M.A., 1996.** Nutrient partitioning and fetal growth in rapidly growing adolescent ewes. *J. Reprod. Fertil.* 107:183-190.
- Wallace, J.M., Bourke, D.A.P. Da Silva, P., Aitken, R.P., 2001.** Nutrient partitioning during adolescent pregnancy. *Reproduction*, 122: 347-357.
- Wallace, J.M., Luther, J.S., Milne, J.S., Aitken, R.P., Redmer, D.A., Reynolds, L.P., Hay Jr. W.W., 2006.** Nutritional modulation of adolescent pregnancy outcome-A review. *Placenta* 27 (Suppl. A): S61-S68.
- Wallace, L.R., 1948.** The growth of lambs before and after birth in relation to the level of nutrition. *Journal of Agricultural Science*, 38: 243-302.
- Wallace, L.R., 1949.** Observations of lambing behaviour in ewes. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 9: 85-96.
- Walser, E.S., Hague, P., Yeomans, M., 1983.** Variations in the strength of maternal behaviour and its conflict with flocking behaviour in Dalesbred, Jacob and Soay ewes. *Appl. Anim. Ethol.* 10, 245-250.
- Warnes, D.M., Seamark, R.F., Ballard, F.J., 1977.** The appearance of gluconeogenesis at birth in sheep: activation of the pathway associated with blood oxygenation. *Biochemical J.* 162, 627-634.
- Wasfi, I.A., Hafez, A.M., Tayeb, F.M.A., Taher, A.Y., El-Tayeb, F.M.A., EI-Taher, A.Y., 1987.** Thyroid hormones, cholesterol, and triglyceride levels in the camel. *Res Vet Sci* 42: 418.
- Wassmuth, R., Löer, A. and Langholz, H.J., 2001.** Vigour of lambs newly born to outdoor wintering ewes. *Animal Science* 72: 169-178.
- Watson, R.H., 1972.** Observed levels of mortality in relation to lambing and early stages of growth of sheep in Australia. *World Rev Anim Prod*, 8: 104-113.
- Webster A.J.F., 1994.** Comfort and injury. In *Livestock housing* (ed. C.M. Wathes and D. R. Charles), pp. 49-68. CAB International, Wallingford.
- Welsh, R.A.S. and Kilgour, R., 1970.** Mismothering amongst Romneys. *New Zealand J. Agr.* 121(4): 26-27.
- Winfield, C.G., 1970.** The effect of stocking intensity at lambing on lamb survival and ewe and lamb behaviour. *Proc. Australian Soc. Anita. Prod.* 8: 29.

- Yapi, C.V., Boylan, W.J., Robinson, R.A., 1990.** Factors associated with causes of preweaning lamb mortality. *Prev. Vet. Med.* 10, 145-152.
- Yilmaz, Ö.T., Kasikci, G., Can Gündüz, M., 2011.** Benefits of pregnant sheep immunostimulation with *Corynebacterium cutis* on post-partum and early newborn's life IgG levels, stillbirth rate and lamb's weight. *Small Ruminant Research* 97: 146-151.
- Young, L.D., Dickerson, G.E., 1991.** Comparison of Booroola Merino and Finnsheep: Effects on productivity of mates and performance of crossbred lambs. *J. Anim. Sci.* 69:1899.
- Zapasnikiene, B., 2002.** The effect of age of ewes and lambing season on litter size and weight of Lambs. *Veterinarija ir zootechnika*, 19 (41): 112-115.

## **ANNEXE**

---



## Short communication

## Phenotypic and seasonal factors influence birth weight, growth rate and lamb mortality in D'man sheep maintained under intensive management in Tunisian oases

Mohamed Chniter<sup>a,b,d,f,\*</sup>, Mohamed Hammadi<sup>a</sup>, Touhami Khorchani<sup>a</sup>, Riadh Krit<sup>c</sup>, Belgacem Lahsoumi<sup>c</sup>, Mohsen Ben Sassi<sup>c</sup>, Raymond Nowak<sup>d,e,f,g</sup>, Mohamed Ben Hamouda<sup>h</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire d'Elevage & Faune Sauvage, Institut des Régions Arides, Médenine 4100, Tunisia

<sup>b</sup> Institut Supérieur Agronomique Chott Mariem, Sousse 4042, Tunisia

<sup>c</sup> Office d'Elevages et des Pâturages, Tunis 2020, Tunisia

<sup>d</sup> INRA, UMR85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, F-37380 Nouzilly, France

<sup>e</sup> CNRS, UMR6175 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, F-37380 Nouzilly, France

<sup>f</sup> Université François Rabelais de Tours, F-37041 Tours, France

<sup>g</sup> Institut Français du Cheval et de l'Équitation, F-37380 Nouzilly, France

<sup>h</sup> Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles, Tunis 2020, Tunisia

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 18 November 2010

Received in revised form 11 March 2011

Accepted 15 March 2011

Available online 17 April 2011

## Keywords:

D'man Lamb

Birth Weight

Growth

Mortality

Season

Tunisian oases

## ABSTRACT

Growth and mortality rates of D'man lambs from an accelerated lambing management at the breeding Station of Chenchou of Gabès (Tunisia) are reported using records collected between 2004 and 2009. Lambs born in spring were consistently the heaviest at birth, at 30 and 70 days of age with the greatest average daily gains compared to those born in winter, autumn and summer. Birth weights were affected by litter size, ewe age and lambs from older ewes (2–10 years) grew faster than lambs born to young ewe (1 year). The overall mortality from birth to 70 days of age was 13.4%. Of all the total losses, 41% of the lambs died within 10 days of birth, 29% died between 10 and 30 days of age and 30% between 30 and 70 days. Mortality rate was significantly higher in winter (23.5%) than in spring (12.3%), autumn (10.2%) and summer (9.5%). Lambs in the low-weight category died more frequently (52.2%) than lambs from medium-weight (24.4%) to high-weight (1.8%) categories. Season, birth type and dam age are an important source of growth variation. The significant risk factors identified for mortality were season (winter), birth type (multiple) and weight class ( $\leq 1.5$  kg).

© 2011 Elsevier B.V. All rights reserved.

### 1. Introduction

The D'man sheep is a Moroccan prolific breed that may well have come from West African hair sheep (Lahlou-Kassi

et al., 1989). D'man ewes have a precocious puberty and a continuous breeding season (Boujenane, 1996). D'man sheep were introduced from Morocco to Tunisia in 1994 with a flock of 100 ewes and 12 rams (Rekik et al., 2005). This breed is reared in the oases of south Tunisia for lamb production but is generally renowned for its low growth rate and high lamb mortality (Chniter et al., 2009). However, precise assessment of total lamb production in unknown and requires evaluation of lamb survival and growth weights.

\* Corresponding author at: Laboratoire d'Elevage & Faune Sauvage, Institut des Régions Arides, Médenine 4100, Tunisia.

Tel.: +216 20 913105/+33 0647001081; fax: +216 75633006.

E-mail addresses: Chniter2005@yahoo.fr, mchniter@gmail.com (M. Chniter).

**Table 1**

Least-squares analyses of variance for birth weight (BWT, kg), body weights (WT30, WT70, kg) and average daily gain (ADG, g/d) according to fixed effects.

Factors		BWT	WT30	WT70	ADG 0–30	ADG 30–70
		LSM	LSM	LSM	LSM	LSM
Season of birth	F value	4.30	8.61	6.80	8.35	2.38
	Significance	**	***	***	***	ns
	Autumn	2.75 <sup>b</sup>	6.98 <sup>a</sup>	11.91 <sup>b</sup>	140 <sup>b</sup>	123
	Winter	2.76 <sup>ab</sup>	6.71 <sup>a</sup>	11.60 <sup>b</sup>	130 <sup>c</sup>	123
	Spring	2.87 <sup>a</sup>	7.39 <sup>b</sup>	12.74 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>	132
d.f. = 3	Summer	2.69 <sup>b</sup>	7.02 <sup>a</sup>	11.86 <sup>b</sup>	143 <sup>ab</sup>	121
	F value	32.94	33.37	28.91	16.35	13.56
Lamb sex	Significance	***	***	***	***	***
	Male	2.86 <sup>a</sup>	7.27 <sup>a</sup>	12.47 <sup>a</sup>	146 <sup>a</sup>	130 <sup>a</sup>
	Female	2.68 <sup>b</sup>	6.78 <sup>b</sup>	11.58 <sup>b</sup>	136 <sup>b</sup>	119 <sup>b</sup>
d.f. = 1	F value	179.35	205.44	129.5	123.68	41.16
	Significance	***	***	***	***	***
Litter size	Singles	3.51 <sup>a</sup>	9.46 <sup>a</sup>	15.69 <sup>a</sup>	198 <sup>a</sup>	157 <sup>a</sup>
	Twins	2.95 <sup>b</sup>	7.23 <sup>b</sup>	12.49 <sup>b</sup>	142 <sup>b</sup>	131 <sup>b</sup>
	Triplets	2.54 <sup>c</sup>	6.08 <sup>c</sup>	10.61 <sup>c</sup>	117 <sup>c</sup>	111 <sup>c</sup>
	Litters ≥ 4	2.09 <sup>d</sup>	5.33 <sup>d</sup>	9.33 <sup>d</sup>	107 <sup>c</sup>	99 <sup>c</sup>
	F value	15.27	10.64	12.65	5.64	9.71
Ewe age (year)	Significance	***	***	***	***	***
	1	2.35 <sup>a</sup>	6.12 <sup>b</sup>	10.05 <sup>d</sup>	124 <sup>c</sup>	96 <sup>d</sup>
d.f. = 8	2	2.75 <sup>b</sup>	7.07 <sup>a</sup>	12.20 <sup>abc</sup>	143 <sup>ab</sup>	127 <sup>bc</sup>
	3	2.81 <sup>b</sup>	6.97 <sup>a</sup>	12.02 <sup>abc</sup>	138 <sup>abc</sup>	126 <sup>bc</sup>
	4	2.71 <sup>b</sup>	7.42 <sup>a</sup>	12.55 <sup>abc</sup>	155 <sup>b</sup>	126 <sup>bc</sup>
	5	2.91 <sup>b</sup>	7.46 <sup>a</sup>	12.77 <sup>abc</sup>	151 <sup>ab</sup>	132 <sup>bc</sup>
	6	2.91 <sup>b</sup>	6.24 <sup>a</sup>	12.87 <sup>b</sup>	143 <sup>ab</sup>	141 <sup>ab</sup>
	7	2.87 <sup>b</sup>	7.28 <sup>a</sup>	12.36 <sup>abc</sup>	145 <sup>ab</sup>	126 <sup>bc</sup>
	8	2.77 <sup>b</sup>	6.80 <sup>a</sup>	11.54 <sup>c</sup>	133 <sup>ac</sup>	119 <sup>b</sup>
	≥9	2.81 <sup>b</sup>	6.87 <sup>a</sup>	11.91 <sup>abc</sup>	136 <sup>abc</sup>	127 <sup>bc</sup>
	R <sup>2</sup> of the model		0.35	0.40	0.32	0.29

d.f., degrees of freedom; \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$  and ns ( $P > 0.05$ ); within a column (and within each factor), values with different superscript letters differ significantly at  $P < 0.05$ .

Several studies have shown in prolific breeds that increasing litter size adversely affects foetal growth and lamb survival rate (Gootwine et al., 2008). The important causes of lamb mortality are similar in all countries (Nash et al., 1996) and can be high during the perinatal period (Scales et al., 1986) due to dystocia, cold stress, starvation and mis-mothering (Gama et al., 1991). Reduction in lamb mortality and proper growth rate increases the profitability at farm level and this can only be achieved by identifying the specific associated factors (Kirk and Anderson, 1982). Those affecting lamb growth and survival rate are still largely unknown for the D'man sheep reared in Tunisia however large data sets accumulated over several years may provide a reliable source of information. The objective of the present study were to (1) identify the phenotypic aspects of lamb survival and growth rate, (2) determine the relationship between these traits and season of birth, lamb sex, litter size and dam age.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Data and animals management

This work is a retrospective study analyzing data on D'man lambs born from 2004 to 2009 at the livestock breeding Station of Office d'Élevage et des Pâturages in Chenchou. The station is located approximately 20 km west of Gabès at N33°53' E9°53' and is characterized by lower arid bioclimatic stage with an annual average rainfall of 188 mm (Floret and Pontanier, 1982). Animals were reared in an accelerated lambing system with three lambings every 2 years and were continuously kept in yards fenced by a wall and providing a sheltered area against wind. Ewes in good health and condition were grouped into 2 flocks where

each one included 4–5 families mated naturally in single-sire groups of 15–20 ewes. Breeding ewes were flushed with 300 g of concentrate mixture consisting of barley grains, soya and supplement of vitamins minerals with 1 kg of Alfa-alfa hay/ewe/day. Diet was distributed into two equal parts in morning and evening. Over late pregnancy (4 and 5th months), the daily distributed quantity of concentrate was elevated to 500 g/head. At all times, salt licks and water were supplied *ad libitum* to the animals.

At birth, the lambs were ear-tagged, and their birth date, type of birth and sex were recorded and a commercial iodine solution was used to sanitize the navel of the lambs upon parturition. Lambs remained with their dams until weaning which occurred at about 60 days. During this period, they were weighed at birth and every 3 weeks until weaning. Lambs were suckled by their mother however occasional lactating Alpine goats reared in the same conditions were used to supplement weak lambs in milk during the first two weeks after birth. In this case, individual lambs (mostly triplets and more) were led to the goat and helped to suckle by a stock-person.

### 2.2. Traits and statistical analysis

Live body weight (WT, kg) and average daily gain (ADG, g/day) of female and male lambs were used in the present study. The birth weight of lambs was classified as follows: 1 for  $BWT \leq 1.5$ ; 2 for  $1.5 < BWT < 2.5$ ; 3 for  $2.5 < BWT < 3.5$ ; 4 for  $BWT \geq 3.5$  kg. The weight of lambs at age 30 (WT30) and 70 (WT70) days were calculated either by linear interpolation or extrapolation as appropriate, that the weight is between two successive weights or not. Live body weight at birth, 30 and 70 days of age allowed the computation of the ADG. Lamb mortality was recorded on a daily basis while ADG was calculated between birth and 30 days of age (ADG 0–30) and between 30 and 70 days of age (ADG 30–70).

The data were analysed by least-squares methods to identify significant sources of variation, using the general linear model (GLM) procedure of the SAS. The fixed effects included the season of birth (autumn, winter, spring and summer), the age of the ewe (1–8, ≥9 years), the sex

of the lambs (male, female) and the type of birth (single, twin, triple, ≥quadruple). Statistical differences between least-squares means were compared using the Bonferroni–Holm test. The used model was:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + EA_j + S_k + TB_l + E_{ijkl}$$

where  $Y_{ijkl}$  is the adjusted weight and ADG of the  $n$ th lamb;  $\mu$  is the overall mean,  $S_i$  is the fixed effect of the  $i$ th season of birth ( $i = 1-4$ ),  $EA_j$  is the fixed effect of the  $j$ th ewes age ( $j = 1-8, j \geq 9$ ),  $S_k$  is the fixed effect of the  $k$ th lamb sex ( $k = \text{male, female}$ ),  $TB_l$  is the fixed effect of the  $l$ th litter size ( $l = 1-3, l \geq 4$ ) and  $E_{ijkl}$  is the random error attributed to the  $n$ th lamb.

The test of significance (at 95% confidence level) for differences in proportions and strength of statistical associations ( $F$ -statistic and  $\lambda^2$ ) were done using PROC FREQ. The effect of the various factors on the different mortality rates were then tested using the chi-square ( $\chi^2$ ) test.

### 3. Results

The average birth weight was  $2.7 \pm 0.7$  kg but individual values varied a lot ranging from 0.8 to 5.0 kg, reflecting the prolificacy of the mothers. At 30 days and 70 days of age body weights were  $6.9 \pm 1.8$  kg and  $12.0 \pm 3.2$  kg, respectively. We found that ADG 0–30 and ADG 30–70 were  $137 \pm 48$  g/d and  $125 \pm 47$  g/d, respectively. However, some lambs showed a gradual increase in live-weight, and consequently, this resulted in average daily weight loss of 2 and 61 g/lamb for ADG 0–30 and ADG 30–70, respectively.

The least square means for lambs' birth weights, body weights and average daily gains are presented in Table 1 according to the season of birth, sex of the lamb, litter size and age of the ewe.

In our study, lambs born in spring were consistently the heaviest at 30 days and 70 days of age with the greatest ADGs, compared to those born in winter, autumn and summer (Table 1). Subsequent comparisons revealed that lambs born in spring had the highest weights and ADGs compared to lambs born in the other seasons. By contrast lambs born in summer seemed to be penalized since their ADGs were the lowest even though their birth weight was not affected. Body weights were affected by sex and litter size ( $P < 0.01$  in all cases) (Table 1). Age of the ewe had significant ( $P < 0.01$ ) effects on lambs' weight as progeny from older ewes (2–10 years) were heavier at birth and grew faster ( $P < 0.05$ ) than the lambs born to young ewes (1 year of age) less maternally experienced. However, the effect of the age of the ewe followed a bell shaped curve for ADGs since the performances of the lambs decreased once their mother were over 6 years of age.

In our study, the overall mortality in D'man lambs from birth up to 70 days of age was 13.4% ( $n = 162$ ).

Fig. 1 shows the frequency distribution of D'man lamb mortality per age classes of death the rate of which declined as survivors grew older. With respect to overall mortality, 41% of lambs died within 10 days of birth (of which 26% occurred in the first three post-natal days). Mortality rate in single-born lambs was low and never observed during the neonatal period. Death rate was significantly higher in winter than in spring, autumn and summer. We found that mortality rate was the highest (31.3%,  $n = 46$ ) amongst lambs born from litters of four or more and the most important in those from low-weights category (Table 2).

**Table 2**

Neonatal and postnatal mortalities in D'man lambs on the basis of season, sex, type of birth and birth weight.

	Lambs dead	Mortality rate (%)	Total lambs
Season of birth			
Autumn	53	10.2 <sup>b</sup>	520
Winter	61	23.5 <sup>a</sup>	259
Spring	31	12.3 <sup>b</sup>	251
Summer	17	9.5 <sup>b</sup>	178
Litter size			
Singles	5	3.9 <sup>d</sup>	129
Twins	61	9.9 <sup>c</sup>	615
Triplets	48	15.2 <sup>b</sup>	315
≥Quadruplets	46	31.3 <sup>a</sup>	147
Birth weight category			
BWT ≤ 1.5 kg	24	52.2 <sup>a</sup>	46
1.5 kg < BWT ≤ 2.5 kg	77	17.7 <sup>b</sup>	434
2.5 kg < BWT < 3.5 kg	40	6.7 <sup>c</sup>	601
BWT ≥ 3.5 kg	2	1.8 <sup>c</sup>	108
Overall	162	13.4	1208

Within a column (and within each factor), proportions with different superscript letters differ significantly at  $P < 0.05$ .

### 4. Discussion

Weights at birth, 30 and 70 days, as well as ADGs were influenced by season of birth, sex, litter size and age of the ewe. D'man lambs born in spring were heavier at birth than those born in the other seasons and this confirms similar trends found in various breeds (Al-Shorepy and Notter, 1998; Gootwine and Rozov, 2006). The seasonal differences in birth weight in our current study may be partly due to differences in ambient temperature as well as maternal effects during gestation since climatic conditions in spring are optimal for foetal growth in late pregnancy as seasonal influences on lamb growth have been previously reported in other prolific breeds (London and Weniger, 1996). Thus, the adverse seasonal effect on birth weight of lambs undergoing foetal development during summer may interfere with exploiting advantages of out-of-season lambing in flocks managed for accelerated lambing; mainly in flocks with high prolificacy where BWT of lambs from large litters is relatively low. The higher weight of males in comparison to female lambs at all ages in our study, as well as the effect of litter sizes is general trend in sheep and could reflect differences in hormonal profiles between males and females during infancy favouring growth rate in the former (Ebangi et al., 1996). Growth rate was higher in lambs born to older ewes. Indeed, first parity ewes are still growing, so the competition between foetal and maternal growth could be an explanation for giving birth to smaller lambs (Duguma et al., 2002).

The higher mortality rate (41%) occurring during the first 10 days of life may be associated with the low birth weight of lambs from large litters since no single-born lambs died in this period (Ben Ahmed, 1991). Offspring mortality in sheep is invariably highest in the first few days after birth, reflecting the problems of transition from the totally protected intrauterine life to an unpredictable extra-uterine existence (Nowak et al., 2000). The first critical stage is the birth process itself, and dystocia represents one of the major causes of mortality although this did

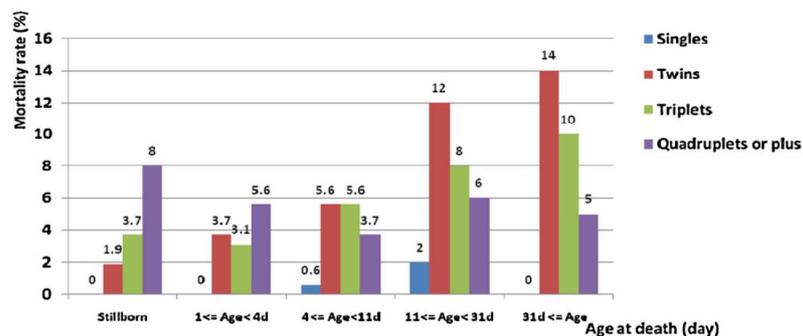


Fig. 1. Frequency distribution of D'man lamb mortality according to litter size and per age classes.

not affect single-born lambs (the heaviest) in our study since none of them died before 4 days of age. The relatively small size of D'man single-born lambs (3.5 kg on average) does not make them prone to dystocia. After birth, survival of the newborn depends largely upon the quality of the interactions with the mother, the amount of milk available and the competition with siblings, and diseases (Nowak and Poindron, 2006). Even though mortality was maximum in the first 10 days, significant death was still recorded afterwards, the most surprising fact being the high mortality rates in twins even after 31 days of age. This was rather unexpected since twins are usually not at risk once the neonatal period is passed and suggests that these lambs may be sensitive to environmental factors (inclement weather or insufficient milk yield). This remains to be clarified but points to the fact that twins, in addition to triplets and quadruplets, need extra care on farm.

The losses were influenced by litter size and birth weight (both being linked), as well as season of birth like in other breeds of sheep (Mukasa-Mugerwa et al., 2000; Mandal et al., 2007). In addition, factors contributing to low BWT also tend to reduce foetal fat reserves, limit neonatal vigour, impair colostrum production and restrict ewe milk yield (Mellor and Murray, 1985) which in turn affect even more lamb survival.

The significant effect of season of birth is due to the difference between the high mortality rate in winter (23.5%) and the other seasons (around 10%). It reflects the harsh climatic conditions that the lambs have to face with average temperatures of 10 °C, wind, and occasional rain. Though animals were reared on a breeding station and had access to shelter, they were not fully protected from inclement weather.

## 5. Conclusion

These findings can help to identify times at which changes in management may improve the lamb performances and to develop appropriate breeding practices which can reduce lamb mortality. However, many of these factors are associated with milk potentialities and behavioural relationship between ewe and lambs.

Information on parturition process, mother–young interactions, and milk production should help us to understand the specific causes of loss and means to prevent their occurrence.

## Acknowledgments

This work was carried out in collaboration between the Institut des Régions Arides de Médenine and Office d'Élevage et de Pâturages (Tunisia). The authors thank the General Directors of these two establishments for the financial support.

## References

- Al-Shorepy, S.A., Notter, D.R., 1998. Genetics parameters for lamb birth-weight in spring and autumn lambing. *Anim. Sci.* 67, 327–332.
- Ben Ahmed, S., 1991. Evaluation des Performances de Croissance et de Reproduction de la Race Ovine D'man en Station et Dans Certains Élevages des Vallées de Draa et Dadès. Mémoire 3<sup>ème</sup> Cycle Agronomie, I.A.V. Hassan II, Rabat, Morocco, p. 122.
- Boujenane, I., 1996. The D'man. In: Fahmy, M.H. (Ed.), *Prolific Sheep*. CAB International, Oxon, UK, pp. 109–120.
- Chniter, M., Maali, S., Hammadi, M., Khorchani, T., Harab, H., Krit, R., Ben Hamouda, M., Khaldi, G., Nowak, R., 2009. Effects of dam age, litter size and gender on birth weight of D'man lamb: consequence on lamb mortality. *J. Arid Land Stud.* 19, 169–172.
- Duguma, G., Schoeman, S.J., Cloete, S.W.P., Jordan, G.F., 2002. The influence of non-genetic factors on early growth traits in the Tygerhoek Merino lambs. *Ethiopian J. Anim. Prod.* 2 (1), 127–141.
- Ebangi, A.L., Mbah, D.A., Ngo-tama, A.C., 1996. Impact of genetics and environment factors on birth weight of Fulbe sheep breeds in Cameroon. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pay.* 49, 178–182.
- Floret, C., Pontanier, R., 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne. *Travaux et documents*. Paris, France, Orstom, p. 544 (n 150).
- Gama, L.T., Dickerson, G.E., Young, L.D., Leymaster, K.A., 1991. Effects of breed, heterosis, age of dam, litter size, and birth weight on lamb mortality. *J. Anim. Sci.* 69, 2727–2743.
- Gootwine, E., Reicher, S., Rozov, A., 2008. Prolific and lamb survival at birth in Awassi and Assaf sheep carrying the *FecB* (Booroola) mutation. *Anim. Reprod. Sci.* 108, 402–411.
- Gootwine, E., Rozov, A., 2006. Seasonal effects on birth weight of lambs born to prolific ewes maintained under intensive management. *Livest. Sci.* 105, 277–283.
- Kirk, J.H., Anderson, B.C., 1982. Reducing lamb mortality: a two-year study. *Vet. Med. Small Anim. Clin.* 77, 1247–1252.
- Lahlou-Kassi, A., Berger, Y.M., Bradford, G.E., Boukhlouq, R., Tibary, A., Derqaoui, A., Boujenane, I., 1989. Performance of D'man and Sardi sheep on accelerating lambing. I. Fertility, litter size, postpartum anoestrus and puberty. *Small Ruminant Res.* 2, 225–239.

- London, J.C., Weniger, J.H., 1996. Investigation into traditionally managed Djallonké- sheep production in humid and subhumid zones of Asante, Ghana. V. Productivity indices. *J. Anim. Breeding Genet.* 113, 483–492.
- Mandal, A., Prasad, H., Ashok, Kumar, Roy, R., Nagendra Sharma, 2007. Factors associated with lamb mortalities in Muzaffarnagari sheep. *Small Ruminant Res.* 71, 273–279.
- Mellor, D.J., Murray, L., 1985. Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish Blackface ewes with twin lambs. *Res. Vet. Sci.* 39, 230–234.
- Mukasa-Mugerwa, E., Lahlou-Kassi, A., Anindo, D., Rege, J.E.O., Tembely, S., Tibbo, M., Baker, R.L., 2000. Between and within breed variation in lamb survival and the risk factors associated with major causes of mortality in indigenous Horro and Menz sheep in Ethiopia. *Small Ruminant Res.* 37, 1–12.
- Nash, M.L., Hungerford, L.L., Nash, T.G., 1996. Risk factors for perinatal and postnatal mortality in lambs. *Vet. Rec.* 139, 64–67.
- Nowak, R., Poindron, P., 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 431–446.
- Nowak, R., Richard, H.P., Frédéric, L., Pierre, O., Benoist, S., 2000. Role of mother–young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. *Rev. Reprod.* 5, 153–163.
- Rekik, M., Aloulou, R., Ben Hamouda, M., 2005. Small ruminant breeds of Tunisia. In: Iniguez, L. (Ed.), *Characterisation of Small Ruminant Breeds in West Asia and North Africa*, vol. 2. International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, pp. 91–140.
- Scales, G.H., Burton, R.N., Moss, R.A., 1986. Lamb mortality, birthweight and nutrition in late pregnancy. *N. Z. J. Agric. Res.* 29, 75–82.



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

## Small Ruminant Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/smallrumres](http://www.elsevier.com/locate/smallrumres)

## Aspects of neonatal physiology have an influence on lambs' early growth and survival in prolific D'man sheep

Mohamed Chniter<sup>a,h,e,g,\*</sup>, Mohamed Hammadi<sup>a</sup>, Touhami Khorchani<sup>a</sup>, Mohsen Ben Sassi<sup>c</sup>, Mohamed Ben Hamouda<sup>d</sup>, Raymond Nowak<sup>e,f,g,h</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire d'Élevage & Faune Sauvage, Institut des Régions Arides, 4100 Médenine, Tunisia

<sup>b</sup> Institut Supérieur Agronomique Chott Mariem, 4042 Sousse, Tunisia

<sup>c</sup> Office d'Élevages et des Pâturages, 2020 Tunis, Tunisia

<sup>d</sup> Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles, 2020 Tunis, Tunisia

<sup>e</sup> INRA, UMR85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, F-37380 Nouzilly, France

<sup>f</sup> CNRS, UMR7247 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, F-37380 Nouzilly, France

<sup>g</sup> Université François Rabelais de Tours, F-37041 Tours, France

<sup>h</sup> Institut Français du Cheval et de l'Équitation, F-37380 Nouzilly, France

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 23 March 2012

Received in revised form

26 September 2012

Accepted 9 October 2012

Available online 1 November 2012

## Keywords:

D'man sheep

Newborn

Rectal temperature

Glucose

Survival

Growth

## ABSTRACT

This work was undertaken to investigate some neonatal physiological aspects and their relations with growth rate and survival over the first month of life in prolific D'man sheep by analysing data from a total of 312 lambs. Glucose, protein, cholesterol and triglycerides plasma levels were low at 1–12 h of birth and increased over the first 3 days. Rectal temperature increased as well and a significant effect of year and season of birth was observed, where summer-born lambs had higher rectal temperature both at 24–36 h and 48–60 h of age compared to winter-born lambs. Also, lambs born from older ewes (3–5 years) had higher rectal temperature at 1–12 h than lambs born from younger ewes (<2 years). Winter-born lambs had higher glucose plasma level at 48–60 h of birth than summer-born lambs which had the highest protein plasma level at all time points measured. Birth weight influenced neonatal physiology with heavy lambs having higher rectal temperature, glucose, cholesterol and cortisol plasma levels at 1–12 h of birth than medium and light lambs. Accordingly, quadruplets had the lowest rectal temperature at all time points measured compared to singles, twins and triplets. Twins had higher glucose and protein plasma levels at 1–12 h and 24–36 h of birth than triplets, quadruplets and quintuplets. Birth weight was negatively related to cortisol plasma levels at 24–36 h and 48–60 h of birth. Average daily weight gain over 10 days was positively related to glucose plasma level and rectal temperature, and inversely related to cortisol plasma level at all points measured. Average daily gain weight between 10 and 30 days was also positively related to glucose plasma level and inversely related to cortisol plasma level. Finally, it was found that rectal temperature, glucose and protein plasma levels were higher in lambs that survived beyond one month of age in comparison to those that died. The main outcome of this study is that smaller triplets and quadruplets have lower rectal temperature and metabolites plasma level than twin- and single-born lambs during the first 3 days of life and this impairs their chance of survival. These physiological traits are reliable indicators for health status in prolific D'man sheep and can be exploited in order to improve lamb production.

© 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.

\* Corresponding author at: Laboratoire d'Élevage & Faune Sauvage, Institut des Régions Arides, 4100 Médenine, Tunisia.

Tel.: +216 20913105; fax: +216 75633006.

E-mail addresses: [Chniter2005@yahoo.fr](mailto:Chniter2005@yahoo.fr), [mchniter@gmail.com](mailto:mchniter@gmail.com) (M. Chniter).

0921-4488/\$ – see front matter © 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.10.004>

## 1. Introduction

The neonatal period is a critical step for newborn lambs which need to adapt to extra-uterine life (Piccione et al., 2007). During this period, known as the *adaptive period*, thermoregulatory, cardiovascular, respiratory, metabolic and homeostatic mechanisms complete their maturation. Thus, the newborn lamb is in a metabolically unstable state that makes it particularly sensitive to hazardous environmental conditions and perinatal diseases (Dwyer, 2008). Physical state at birth, physiological immaturity and perinatal diseases are considered as major factors contributing to lamb mortality and are known to be of a high economic loss and welfare concern in sheep (Nowak et al., 2000; Walker et al., 2003; Dwyer et al., 2005; Stafford et al., 2007). When reared outdoor, the ability of lambs to survive is crucially dependent on their response to climatic conditions encountered around birth (Symonds et al., 1989; Mellor and Stafford, 2004). Even under adverse climatic conditions sheep are strict homeotherms, and neonates have to strive to maintain their body temperature within a fairly narrow range. Under thermo-neutral conditions, rectal temperatures vary between 38.3 °C and 39.9 °C (Marai et al., 2007). Impaired thermogenic mechanisms usually result in inadequate heat production (Mellor and Stafford, 2004). To maintain stable thermoregulation, several morphological and physiological factors are of importance: the surface area to body mass ratio of the newborn, plasma thyroid hormones, cortisol, as well as glucose, lipids, and protein issued mostly from the colostrum that is ingested soon after birth.

Lambs are born with low fat cover and have a high surface area to body weight ratio which exacerbates heat loss (Stephenson et al., 2001). Small lambs have a greater surface area to body mass ratio than heavy lambs, display greater heat loss (McCutcheon et al., 1981) and are more likely to suffer from hypothermia (Thomson et al., 2004; Morris and Kenyon, 2004). The more important surface area to body mass ratio may explain in part some of the differences in survival rates between single, twin and triplet lambs (Stafford et al., 2007). Plasma glucose levels increase rapidly after birth (Greenwood et al., 2002) and are important in maintaining lambs body temperature (Sunehag and Haymond, 2002; Stafford et al., 2007). In ruminant neonates, an increase of plasma cortisol is observed during delivery (Stanko et al., 1991) and this plays a key role in fetal maturation (Liggins, 1994) and neonatal survival (Miller et al., 2010). Total proteins contribute profoundly to neonate immunity and growth, not only because of the immunoglobulin content, but also because of other nutritional and physiological effects on the neonates (Chen et al., 1999). In the neonate, these factors come mainly from the mother's colostrum, and taking them into account is a good indicator of proper suckling activity and adequate food supply.

Size of the lamb at birth can affect glucose regulation during postnatal life and growth over the first six months of age (Clarke et al., 2000). It is known that fast growing lambs have higher plasma glucose concentrations than slow growing lambs during early life (Greenwood et al., 2002) and that birth weight has significant effects both

on glucose tolerance and cortisol secretion in neonates (Bloomfield et al., 2007). Lambs with high vigor show better ability to maintain homeothermy in a cold environment and grow more rapidly than less vigorous lambs (Wassmuth et al., 2001). Thus, neonatal survival in lambs can be improved by increasing their metabolic maturity at birth (Greenwood et al., 2002) and improving their thermoregulation ability (Dwyer and Morgan, 2006).

D'man sheep were introduced in Tunisia in 1994 from the oasis of Morocco and diffused in Tunisia as a purebreed and potential candidate for cross breeding with local breeds (Lassoued and Rekik, 2001). This breed, well known for its high prolificacy (Lahlou-Kassi et al., 1989), is reared in the south of Tunisia especially at the oases of Gabès for meat production. However, D'man lambs are generally known for their light birth weight, low growth and high mortality rate (Chniter et al., 2009). There are no reports with regards to physiological aspects during the neonatal period and their effects on growth and survival rates of D'man lambs. However, precise assessment of newborn physiological aspects is important and requires further investigation in prolific D'man sheep. This knowledge might help explain the high mortality occurring especially during the first 10 days of life (Chniter et al., 2011). The present investigation was performed in order (1) to assess changes in rectal temperature and plasma levels of glucose, protein, cholesterol and triglycerides during the 3 first days of life and (2) to examine their relationships with early growth and survival, in order to obtain useful information for neonatal care.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Experimental design

This work was undertaken at the Livestock Breeding Station of "Office d'Élevage & des Pâturages" at Chenchou. This station is located approximately 20 km west of Gabès at N33° 53' E9° 53' (Tunisia) and is characterized by low arid bioclimatic stage with an average rainfall of 100 mm/year. Animals were reared outdoors in an accelerated lambing system with three lambings every 2 years and were continuously kept in yards fenced by a wall and providing a sheltered area against wind. A total of 191 ewes in good health and condition were studied between 2008 and 2011. Among them, 28 were primiparous between 1 and 2 years of age and 163 were multiparous of the following age class: 2–3 years ( $N=54$ ); 3–4 years ( $N=57$ ) and 4–5 years ( $N=52$ ). Ewes were randomly grouped in 2 flocks including 4–5 families mated naturally in single-sire groups of 15–20 ewes. Each family was housed in a large pen (7 m × 10 m) where ewes were given ad libitum access to fresh drinking water and salt licks. Dry lucerne and concentrates (Barley, maize, soya and mineral mixture) containing 18% crude protein, 12% cellulose and 0.8/kg of U.F.L. were provided to cover their nutritional needs. In late pregnancy and lactation periods, the amount of concentrate was increased to 500 g per head per day. Two weeks before expected lambing, pregnant ewes were randomly allocated in groups of 10 animals into uncovered lambing yards (10 m × 5 m) except for a sheltered area (5 m × 5 m). Once the lamb was born, its birth date, type of birth and sex were recorded and it was allowed to achieve successful suckling unaided. Lambs were ear-tagged within the first 3 h after birth and a commercial iodine solution was used to sanitize the navel. Lambs that were unsuccessful in finding the udder within 2 h after birth ( $N=19$ ) were assisted to suckle their mother. Should they display a weak suckling activity, assistance was provided during the first 3 days of life. On some occasions, after the third day of life, weak lambs ( $N=14$ ) were led twice a day to suckle from lactating Alpine goats which were kept in an adjacent enclosure. Although this may have influenced their survival, such a procedure was kept in our study as it is standard on-farm practice in Tunisia.

## 2.2. Data recording and blood sampling

Data were taken from 312 purebred D'man lambs born between 7th May 2008 and 30th January 2011. For practical purposes (Nieslon, 1995), the rectal temperature was used as a representative measurement of animal core temperature. Birth weight and rectal temperature were mainly taken during the 6 h after birth. However, sampling was sometimes performed between 6 and 12 h of birth for lambs born at night. No difference was observed between lambs born at night and those born during the day so data were pooled and thus, we considered that all sampling was performed within 1–12 h of birth. Recording of rectal temperatures was also repeated within 24–36 and 48–60 h after birth.

All lambs were weighted at birth, every 3 weeks up to weaning. These measurements were used to calculate standard weights using linear interpolation and extrapolation. Traits considered for analysis were body weights at birth, at 10 and 30 days (W10 and WT30). This allowed the computation of the average daily gain between birth and 10 days (ADG 0–10) and between 10 and 30 days of age (ADG 10–30). Lambs mortality was recorded during the first month of life.

Blood samples were collected within 1–12 h, 24–36 h and 48–60 h of birth from 95 lambs randomly selected from the above mentioned lambs which were born during the last two years of the study (2010 and 2011). All newborn lambs were handled in the lambing pen in order to minimize the disruption to the ewe/lamb bond.

## 2.3. Analytical procedures

At collection, all blood samples were immediately placed on ice until centrifugation (20 min, 3000 × g). The plasma was then separated and stored at –20 °C until analyses were performed. Plasma glucose concentration was determined by an enzymatic method (GOD-PAP, Biomaghreb kit-20121), protein concentration by a colorimetric method of Biuret (Biomaghreb kit-20161), cholesterol concentration by a colorimetric enzymatic test (CHOD-PAP, Biomaghreb kit-20111) and triglycerides concentration was determined using an enzymatic colorimetric assay (GPO-PAP, Biomaghreb kit-20131). Finally, cortisol concentration was determined by RIA method (INRA Tours: PRC – Laboratoire de dosages Hormonaux, France). The amount of blood collected was not always sufficient to perform all the analyses and therefore sample sizes in each category of metabolites varied accordingly.

## 2.4. Statistical analyses

Lambs birth weights were divided into 3 categories based on the value of standard deviation above and below the mean birth weight (Dwyer and Morgan, 2006): (1) heavy lambs weighing more than 1 SD above the group mean, (2) medium lambs weighing 1 SD above and below the group mean, and (3) light lambs weighing more than 1 SD below the group mean. To identify sources of variation and the significant differences between means, all data were analyzed using SAS 9.1.

Data from rectal temperature were analyzed by Proc GLM using a model including the following fixed effects: year of birth (from 2008 to 2011), season of birth (autumn, winter and summer), litter size (singles, twins, triples, quadruples and quintuples), birth weight class (light, medium and heavy), ewe age (1–<2, 2–<3, 3–<4 and ≥4 years) and lamb sex (male, female). However, some classes of factors were reduced in the same model used for data from metabolites plasma: year of birth (2010 and 2011), season of birth (winter and summer) and ewe age (<2 and 3–4). The significant difference between means of rectal temperature was tested using Student–Newman–Keuls test. Waller–Duncan *K*-ratio and Student *t*-test were used to assess the difference between means of plasma metabolites level. The effects of sampling date after birth and survival at one month on rectal temperature and metabolites plasma levels were analyzed by Waller–Duncan *K*-ratio test.

Data from rectal temperature and metabolites concentration contained some missing values due to the following reasons: (a) if the lamb died on the second or third day of age, blood samples and rectal temperatures could no longer be collected and (b) blood samples that were not obtained in less than 2 min were not collected since the stress of handling could affect some physiological data. The relationships between variables were determined by calculating Pearson's correlation coefficients. Results are expressed as the mean (±SEM). The significance level was in all cases  $\alpha = 0.05$ .

## 3. Results

### 3.1. Physiological traits

At 1–12 h of birth, the rectal temperature of D'man lambs varied between 33.6 °C and 40.3 °C with an average value of 39.05 ± 0.04 °C (Table 1). Results show that glucose, protein, and cholesterol plasma levels increased ( $P < 0.05$ ) gradually from birth onwards, with the exception for cortisol plasma level which slightly decreased (Table 1).

### 3.2. Factors of variation

#### 3.2.1. Year and season of birth

Lambs born in 2010 and 2011 showed lower ( $P < 0.001$ ) rectal temperature both at 24–36 h and 48–60 h of birth than lambs born in 2008 and 2009 but still remained within normal range (Table 2). There were no significant effects of season of birth on rectal temperature at 1–12 h of birth. However, lambs born in winter had significantly lower ( $P < 0.0001$ ) rectal temperature both at 24–36 h and 48–60 h of birth than lambs born in autumn or summer.

Lambs born in 2010 had higher protein concentration at 1–12 h, 24–36 h and 48–60 h after birth than lambs born in 2011 (Fig. 1a). Fig. 1b–e shows that compared to winter-born lambs, summer-born lambs had higher protein concentrations at 1–12 h, 24–36 h and 48–60 h after birth ( $P < 0.05$ ), lower glucose concentration at 48–60 h ( $P < 0.05$ ), higher cholesterol concentrations at 1–12 h and 24–36 h ( $P < 0.05$ ), and higher concentration of triglycerides from 24 to 36 h onwards ( $P < 0.05$ ).

#### 3.2.2. Birth weight

Regardless of litter size, heavy lambs had higher rectal temperature ( $P < 0.01$ ) at 1–12 h, 24–36 and 48–69 h of birth than light lambs (Table 2).

Also, heavy lambs had higher ( $P < 0.05$ ) glucose concentration at 1–12 h of birth than medium and light lambs but no longer after (Fig. 2a). Protein level did not differ according to birth weight class (Fig. 2b). Cholesterol concentration was high in heavy lambs at 1–12 h of birth and declined over the three following days while triglycerides had a reversed profile. By contrast, cholesterol concentration was low in light and medium lambs at 1–12 h and increased over time whereas triglyceride concentration did not change. Heavy lambs had higher ( $P < 0.05$ ) cholesterol concentration at 1–12 h of age than medium and light lambs (Fig. 2c). Medium lambs had higher ( $P < 0.01$ ) triglycerides concentration at 1–12 h of birth compared to heavy lambs (Fig. 2d).

#### 3.2.3. Litter size

Rectal temperature was affected by litter size as quintuplets had lower ( $P < 0.05$ ) values at 1–12 h, 24–36 h and 48–60 h of birth than single, twin and triplet lambs (Table 3).

Litter size affected glucose concentration at 1–12 h of birth as twin lambs had higher ( $P < 0.05$ ) levels than triplets, quadruplets and quintuplets (Fig. 3a). Quintuplets always had the lowest level of glucose. Twin, triplet and quadruplet

**Table 1**  
Mean ( $\pm$ SEM) for rectal temperature, glucose, protein, cholesterol and plasma triglycerides levels over the first 3 days of life in D'man lambs.

Time after birth	Rectal temperature ( $^{\circ}$ C)	Glucose (mmol/L)	Protein (g/L)	Cortisol (ng/mL)	Cholesterol (mmol/L)	Triglycerides (mmol/L)
1–12 h	39.05 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04 (312)	2.79 <sup>b</sup> $\pm$ 0.15 (93)	62.30 <sup>b</sup> $\pm$ 2.42 (79)	74.34 $\pm$ 10.55 (20)	1.29 <sup>b</sup> $\pm$ 0.13 (60)	0.70 $\pm$ 0.03 (49)
24–36 h	39.28 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03 (281)	3.87 <sup>a</sup> $\pm$ 0.15 (91)	78.31 <sup>a</sup> $\pm$ 1.68 (78)	70.65 $\pm$ 7.5 (20)	1.36 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09 (58)	0.74 $\pm$ 0.04 (54)
48–60 h	39.27 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04 (210)	4.17 <sup>a</sup> $\pm$ 0.15 (80)	77.56 <sup>a</sup> $\pm$ 1.59 (76)	61.34 $\pm$ 9.32 (19)	1.59 <sup>a</sup> $\pm$ 0.10 (58)	0.81 $\pm$ 0.04 (52)

Within a column, values with different superscript letters differ significantly at  $P < 0.05$ .

**Table 2**  
The effect of year, birth season and birth weight class on rectal temperature ( $^{\circ}$ C) over the first 3 days of life in D'man lambs.

Factors		Time after birth		
		1–12 h	24–36 h	48–60 h
Year	2008	39.08 $\pm$ 0.06 (129)	39.40 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04 (97)	39.48 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06 (40)
	2009	39.07 $\pm$ 0.08 (88)	39.37 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05 (85)	39.43 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05 (76)
	2010	38.85 $\pm$ 0.06 (71)	39.08 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06 (71)	39.09 <sup>b</sup> $\pm$ 0.08 (67)
	2011	39.04 $\pm$ 0.08 (24)	39.09 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09 (28)	38.94 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09 (27)
	Statistics	F value	1.05	8.30
	Significance	0.37	<0.0001	0.0008
Birth season	Winter	39.11 $\pm$ 0.07 (115)	39.17 <sup>c</sup> $\pm$ 0.05 (119)	39.12 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06 (108)
	Summer	39.06 $\pm$ 0.05 (151)	39.32 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04 (117)	39.39 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06 (62)
	Autumn	38.89 $\pm$ 0.1 (46)	39.49 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05 (45)	39.48 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06 (40)
	Statistics	F value	0.00	2.67
	Significance	0.95	0.01	0.01
Birth weight class	Light	38.62 <sup>b</sup> $\pm$ 0.1 (61)	39.11 <sup>c</sup> $\pm$ 0.09 (49)	39.10 <sup>b</sup> $\pm$ 0.13 (38)
	Medium	39.13 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04 (208)	39.28 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03 (190)	39.25 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04 (138)
	Heavy	39.28 <sup>a</sup> $\pm$ 0.08 (43)	39.48 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05 (41)	39.51 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07 (34)
	Statistics	F value	5.55	2.14
	Significance	0.004	0.03	0.024

Within a column, values with different superscript letters differ significantly at  $P < 0.05$ .

lambs had lower protein level at 1–12 h of birth than quintuplets after which the difference vanished (Fig. 3b).

In single and twin lambs, cholesterol plasma level was high at 1–12 h of birth and showed a slight decline over

the first 3 days. In contrary, cholesterol plasma level was low at 1–12 h of birth in triplet, quadruplet and quintuplet lambs and increased slightly over the first 3 days (Fig. 3c). Triglycerides concentration did not differ much according

**Table 3**  
The effect of litter size, age of mother and sex on rectal temperature ( $^{\circ}$ C) over the first 3 days of life in D'man lambs.

Factors		Time after birth		
		1–12 h	24–36 h	48–60 h
Litter size	Singletons	39.01 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.16 (22)	39.62 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05 (21)	39.59 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07 (16)
	Twins	39.23 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04 (143)	39.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03 (132)	39.45 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03 (104)
	Triplets	38.96 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.07 (103)	39.15 <sup>b</sup> $\pm$ 0.05 (90)	39.09 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09 (60)
	Quadruplets	38.79 <sup>b</sup> $\pm$ 0.14 (34)	39.08 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09 (28)	38.96 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12 (21)
	Quintuplets	38.35 <sup>c</sup> $\pm$ 0.36 (10)	38.49 <sup>c</sup> $\pm$ 0.20 (10)	38.53 <sup>c</sup> $\pm$ 0.20 (9)
	Statistics	F value	3.13	8.95
	Significance	0.015	<0.0001	0.0002
Age of ewe	<2 years	38.89 <sup>b</sup> $\pm$ 0.1 (46)	39.49 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05 (45)	39.48 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06 (40)
	2–3 years	39.05 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.08 (96)	39.20 <sup>b</sup> $\pm$ 0.05 (95)	39.19 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07 (66)
	3–4 years	39.19 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07 (89)	39.26 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06 (58)	39.29 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07 (50)
	4–5 years	39.00 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.06 (81)	39.28 <sup>b</sup> $\pm$ 0.05 (83)	39.28 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06 (54)
	Statistics	F value	2.12	5.10
	Significance	0.05	0.0067	0.04
Sex	Male	39.09 $\pm$ 0.05 (152)	39.30 $\pm$ 0.04 (139)	39.31 $\pm$ 0.06 (101)
	Female	39.03 $\pm$ 0.06 (159)	39.27 $\pm$ 0.04 (141)	39.23 $\pm$ 0.05 (108)
Statistics	F value	0.18	0.21	1.55
	Significance	0.67	0.64	0.21

Within a column, values with different superscript letters differ significantly at  $P < 0.05$ .

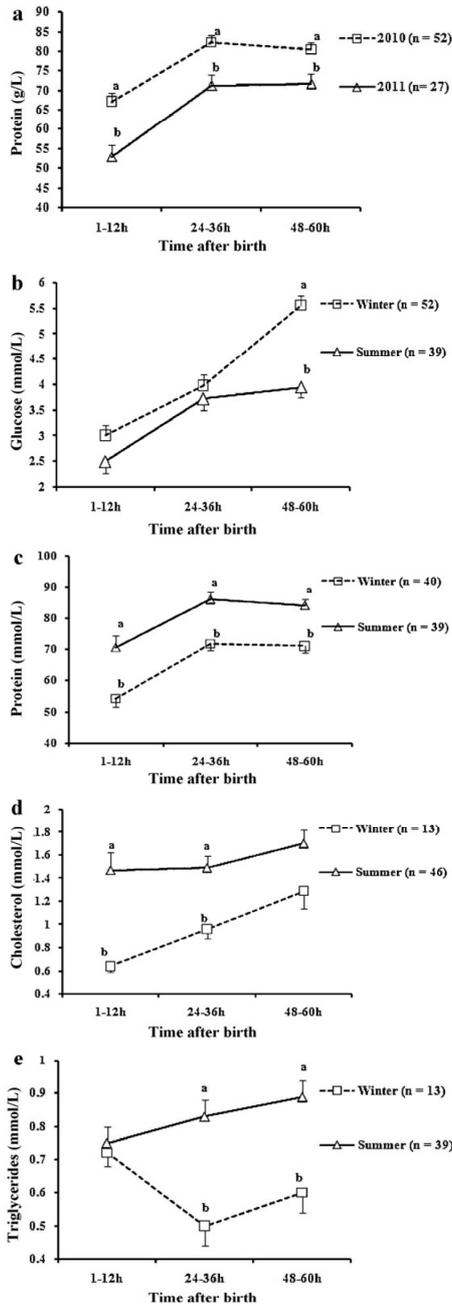


Fig. 1. Changes in (a) protein concentration according to year of birth and glucose (b), protein (c), cholesterol (d) and plasma triglycerides (e) concentrations over the first 3 days of life in D'man lambs according to season of birth.

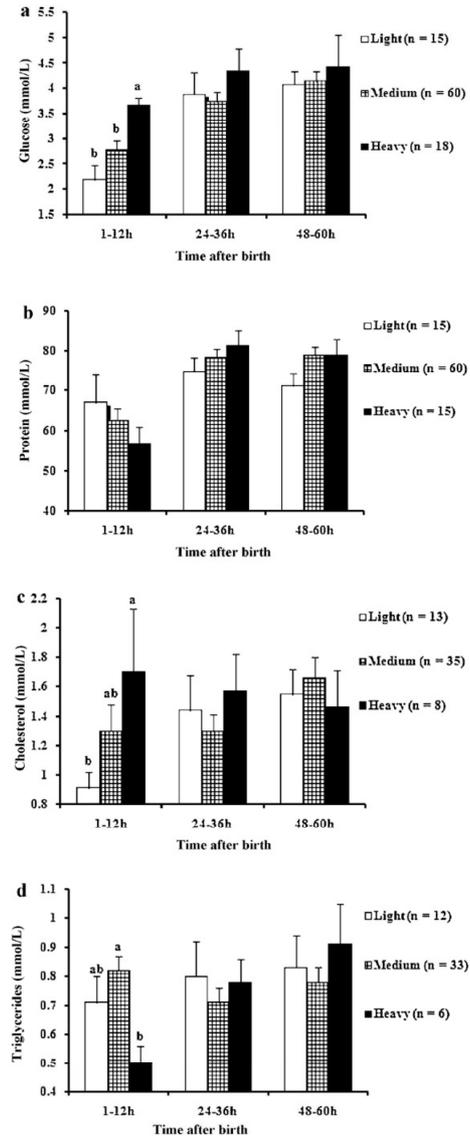
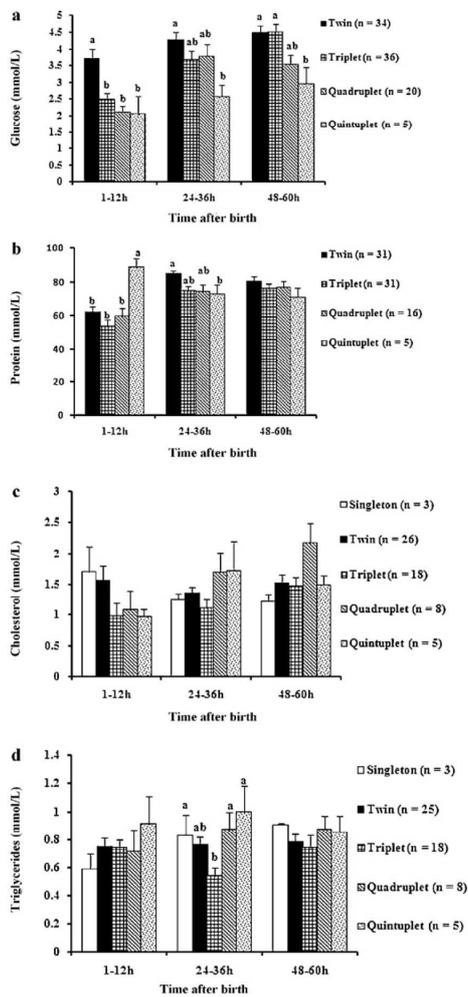


Fig. 2. Changes in glucose (a), protein (b), cholesterol (c) and plasma triglycerides (d) concentrations over the first 3 days of life in D'man lambs according to birth weight.

to litter size with the exception of a lower ( $P < 0.05$ ) concentration observed at 24–36 h of birth in triplet-born (Fig. 3d).

### 3.2.4. Age of dam

As seen in Table 3, a significant effect of dam age on rectal temperature was observed at 1–12 h of birth where lamb-born from young ewes (<2 years) had lower ( $P < 0.05$ )

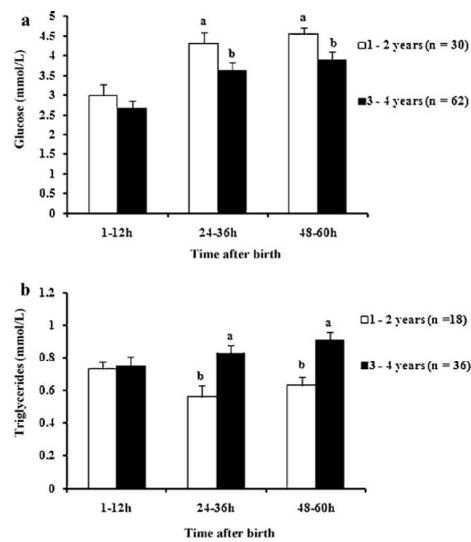


**Fig. 3.** Changes in glucose (a), protein (b) cholesterol (c) and plasma triglycerides (d) concentrations over the first 3 days of life in D'man lambs according to litter size.

rectal temperature than lambs born from older ewes and at 24–36 h and 48–60 h of birth where differences were the exact opposite ( $P < 0.05$ ).

Lambs born from young ewes (<2 years) had higher ( $P < 0.05$ ) glucose concentrations at 24–36 h and 48–60 h of birth than lambs born from older ewes. Conversely, triglycerides concentration was lower ( $P < 0.05$ ) in lambs born from young ewes at 24–36 h and 48–60 h of birth than those in lambs born from older ewes (Fig. 4b). No significant differences were found for cholesterol and protein levels.

Lamb sex did not influence any of the parameters studied.



**Fig. 4.** Changes in glucose (a) and plasma triglycerides (b) concentrations over the first 3 days of life in D'man lambs according to dam age.

### 3.3. Lamb performances and correlation between traits

Mean birth weight was  $2.8 \pm 0.1$  kg but individual values varied a lot ranging from 1.3 to 4.6 kg. At 10 and 30 days of age, body weights were  $4.4 \pm 0.06$  kg and  $6.9 \pm 0.14$  kg, respectively. During their first 10 and 30 days of life, the mean growth rate of lambs was  $156 \pm 4$  g/d and  $121 \pm 5$  g/d, respectively, with ranges from –41 to 348 g/day and from –29 to 307 g/day, respectively. Of the 360 lambs born, 86.4% survived to one month of age. Lambs that survived were significantly heavier at birth than those that died ( $2.9 \pm 0.04$  kg vs.  $2.4 \pm 0.1$  kg,  $P < 0.05$ ).

They also had higher ( $P < 0.05$ ) rectal temperature at all time points measured and higher protein concentration ( $P < 0.05$ ) at 24–36 h and 48–60 h of birth (Fig. 5a and b). No significant differences were obtained for glucose, cholesterol and triglycerides concentrations.

Birth weight was positively related to rectal temperature, glucose and cortisol concentrations at 1–12 h of age ( $r = 0.31$ ,  $P = 0.002$ ;  $r = 0.35$ ,  $P = 0.007$  and  $r = 0.43$ ,  $P = 0.001$ , respectively).

Positive associations were also observed between average daily gain weight (ADG 0–10) and glucose concentration at 1–12 h, 24–36 h and 48–60 h of age ( $r = 0.26$ ,  $P = 0.017$ ;  $r = 0.22$ ,  $P = 0.038$  and  $r = 0.35$ ,  $P = 0.0097$ , respectively). Likewise, ADG 0–10 was positively related to rectal temperature at 24–36 h and 48–60 h of age ( $r = 0.38$ ,  $P = 0.0002$  and  $r = 0.37$ ,  $P = 0.003$ , respectively) while it was inversely related to cortisol concentration ( $r = -0.39$ ,  $P = 0.03$  and  $r = -0.46$ ,  $P = 0.028$ , respectively). ADG 10–30 was positively related to glucose concentration at 1–12 h of age ( $r = 0.38$ ,  $P = 0.01$ ) and inversely related to cortisol concentration both at 24–36 h and 48–60 h of age ( $r = -0.22$ ,  $P = 0.058$ ;  $r = -0.52$ ,  $P = 0.019$ , respectively).

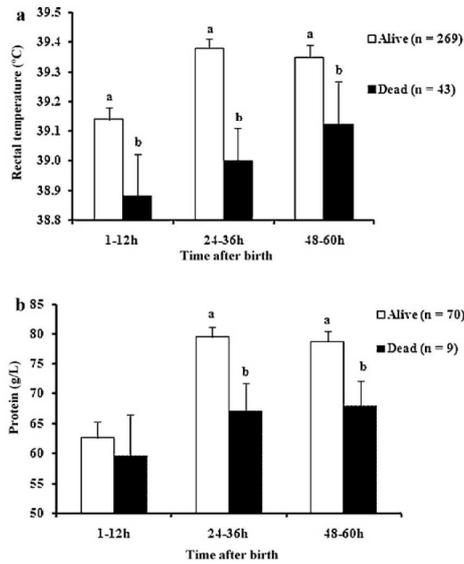


Fig. 5. Changes in rectal temperature (a) and plasma protein concentrations (b) in D'man lambs that died or survived over the first month after birth.

#### 4. Discussion

The present study provides for the first time detailed account of physiological parameters in newborn D'man lambs, and show that some of them are critical for survival. Important variations of rectal temperature were observed in the first day after birth (from 33.6 °C to 40.3 °C). This may reflect a significant effect of sampling time that occurs mainly during the first 6 h and sometimes between 6 and 12 h after birth when lambs remained hypothermic. Important changes in rectal temperature during the first 6 h of life (varied from zero to a fall of 11 °C within 30 min of birth) were previously described (Alexander and McCance, 1958). Similar changes in rectal temperature observed in our study reflect the difficulty of the transition from a thermostable prenatal environment to unpredictable postnatal conditions. Indeed, even though ewes gave birth in yards containing a sheltered area, our lambs were born in an open habitat and were subjected to climatic constraint. Lambs are sometimes born in hostile climatic environments in which the ambient temperatures are frequently far below the critical range of 20–30 °C (Wassmuth et al., 2001). In the oases of Gabès, winter temperatures may be as low as 15 °C. The significant differences in rectal temperature according to year of birth may be partly due to changes of climatic conditions, number of birth by season as well as to differences of maternal effects on lamb birth weight (London and Weniger, 1996). From 24 to 36 h of birth, results show that rectal temperatures were lower in winter-born lambs by comparison with summer- and autumn-born lambs. Thus, cold stress represents a significant source of discomfort to the neonatal lamb and consequently a critical factor

for its survival (Dwyer, 2008). Under winter lambing conditions, the newborn is exposed to excessive cold stress, jeopardizing the possibility to rapidly suckle and bond to its mother (Dwyer and Morgan, 2006). As a consequence, winter-born D'man lambs are more likely to suffer from hypothermia which can explain in part the higher mortality rate observed during that season especially during the first week of life (Chniter et al., 2011).

The fact that quadruplet lambs had the lowest rectal temperatures is in agreement with previous work in Scottish Blackface and Suffolk lambs (Dwyer and Morgan, 2006) and is a consequence of their lighter birth weight.

Plasma levels of glucose, protein and cortisol show significant differences according to birth weight, season of birth and litter size. These physiological traits have a strong impact on neonatal vigor and may influence survival and potential growth rates (Mellado et al., 2008).

An increase in glucose and protein plasma levels was recorded in D'man lambs during the first 3 days of life. Similar increases in glucose (Symonds et al., 1992) and plasma protein concentrations have been previously described in other breeds of lambs (Doaa et al., 2009) and in kids after suckling (Chen et al., 1999) reflecting a general trait in ruminants. Plasma glucose represents an important source of energy for neonatal thermoregulation (Miller et al., 2010) in addition to glycogenolysis which is stimulated during birth by the stress hormones adrenalin and noradrenalin (Bassett, 1989). After birth, D'man lambs rapidly found the udder and if not were assisted by humans making glucose available both from endogenous sources and hydrolysis of lactose provided by colostrum (Thompson et al., 2006). Adequate glucose supply is important in helping lambs maintain their birth temperature within normal range (Stafford et al., 2007). Low glucose levels observed in some lambs can represent a major risk of mortality as plasma glucose concentration decreases and leads to severe hypoglycaemia (Mellor and Stafford, 2004). The increased concentration of protein at birth during the first days of life is most likely due to the absorption of colostral immunoglobulins (Hunter et al., 1977; Nowak and Poindron, 2006). It has also been suggested that high protein level in lambs born in summer may be due to the increase in blood volumes and in turn to an increase in protein levels to maintain the colloid osmotic pressure (Doaa et al., 2009).

The significant effect of litter size on glucose and protein levels obtained in our study confirms data from other studies (Doaa et al., 2009; Stafford et al., 2007). Differences in glucose and protein concentrations may be influenced by placental transfer of nutriment in late gestation and colostrum intake after birth (Kenyon et al., 2005). This would explain why in our study twins have higher glucose levels at 1–12 h than lambs from larger litters as they are less competition in utero but also immediately after birth, at the udder. In this circumstance, D'man lambs from large litters and low birth weight are obviously at risk.

A decrease of cortisol concentration was observed in D'man lambs during the first days of life similarly to what had been previously seen in Merino, Scottish Blackface and Suffolk lambs (Miller et al., 2009; Dwyer and Morgan, 2006). Cortisol is an important regulator

of fetal maturation that may increase the production of triiodothyronine (Liggins, 1994). Decline in cortisol level coincides with periods during which thyroid hormones increase (Symonds et al., 1989) as thermal efficiency improves and rectal temperature stabilizes (Symonds et al., 1992). These adaptations promote the partition of endogenous energy toward tissue growth rather than heat production (Bispham et al., 2002).

Like for glucose, increasing levels of plasma cholesterol and triglycerides over the 3 days of life is logical in newborn lambs (Oztabaki and Ozpinar, 2006), the main source being fatty acids in colostrum (Mersmann and MacNeil, 1985; Blum et al., 1997; Bittrich et al., 2002). In our case, the profiles varied according to birth weight. For cholesterol, plasma level was lower in light and medium lambs and increased with age while this was not the case for heavy lambs. Such difference may reflect variations in suckling activity and amount of colostrum ingested. Indeed, in our experiment not all the lambs were successful in their neonatal suckling activity and had to be assisted. Although the amount of assistance was not precisely monitored and cannot be taken into account in our analysis, it might have played a role. Surprisingly, such profile was not obtained for triglycerides level which is difficult to explain and may be due the small sample size of heavy lambs not representative of this category.

In our study, lambs that survived had higher rectal temperature as well as higher glucose and protein concentrations than lambs that died; they were also heavier. Being bigger is a strong advantage in terms of vigor and thermoregulation, as lambs are more efficient in their suckling activity and in resisting to cold exposure (Ekpe and Christopherson, 2000; Doubek et al., 2003).

## 5. Conclusion

Newborn D'man lambs with low birth weight, especially the smaller triplets, and quadruplets, have lower rectal temperature, glucose, and cortisol plasma levels than twin- and single-born lambs. These physiological traits are influenced by season of lambing and dam age as lambs born in winter and from young dams have lower values compared to lambs born in summer and from older dams, and had impaired growth and survival rates. Differences observed in physiological traits between single- and multiple-born lambs after birth can in part explain the high mortality rate of light lambs.

Rectal temperature, glucose, and cortisol plasma levels are related to growth rate and survival and are reliable indicators for health status. With such knowledge, taking into consideration the constraints of sheep production in Tunisia, several recommendations can be made in order to improve the efficiency of flock management. In the short term one goal would be to feed pregnant ewes according to their number of fetuses particularly during the last two months of pregnancy. This should reduce the heterogeneity of birth weights. At lambing, providing shelter to the lambs during winter-lambing in order to favor neonatal thermoregulation is another feasible option that could be generalized. In the long term, it would be of interest to select D'man sheep in order to reduce the heterogeneity in

litter sizes. One should favor the selection of ewes giving birth to a maximum of three lambs, since quadruplets and quintuplets have lower chances of survival (Chniter et al., 2009, 2011).

## Acknowledgments

This research was carried out in collaboration between the "Institut des Régions Arides, IRA-Tunisie" and the "Unité Mixte de Recherche de Physiologie de la Reproduction & des Comportements, INRA-Nouzilly – France" and was financially supported by Tunisian Ministry of Higher Education, Scientific Research and Technology (Sousse and Gabès universities). The authors thank all the people who contributed to this work.

## References

- Alexander, A., McCance, I., 1958. Temperature regulation in the new-born lamb. I. Changes in rectal temperature within the first six hours of life. *Aust. J. Agric. Res.* 9, 339–347.
- Bassett, J.M., 1989. Hormones and metabolic adaptation in the newborn. *Proc. Nutr. Soc.* 48, 263–269.
- Bispham, J., Budge, H., Mostyn, A., Dandrea, J., Clarke, L., Keisler, D., Symonds, M.E., Stephenson, T., 2002. Ambient temperature, maternal dexamethasone, and postnatal ontogeny of leptin in the neonatal lamb. *Pediatr. Res.* 52, 85–90.
- Bittrich, S., Morel, C., Philipona, C., Zbinden, Y., Hammon, H.M., Blum, J.W., 2002. Physiological traits in preterm calves during their first week of life. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 86, 185–198.
- Bloomfield, F.H., Oliver, M.H., Harding, J.E., 2007. Effects of twinning, birth size and postnatal growth on glucose tolerance and hypothalamo-pituitary-adrenal function in post-pubertal sheep. *Am. J. Physiol.* 292, E231–E237.
- Blum, J.W., Hadorn, U., Sallmann, H.-P., Schuep, W., 1997. Delaying colostrum intake by one day impairs the plasma lipid, essential fatty acid, carotene, retinol and  $\alpha$ -tocopherol status in the neonatal calves. *J. Nutr.* 127, 2024–2029.
- Chen, J.C., Chang, C.J., Peh, H.C., Chen, S.Y., 1999. Serum protein levels and neonatal growth rate of Nubian goat kids in Taiwan area. *Small Ruminant Res.* 32, 153–160.
- Chniter, M., Hammadi, M., Khorchani, T., Krit, R., Lahsoumi, B., Ben Sassi, M., Nowak, R., Ben Hamouda, M., 2011. Phenotypic and seasonal factors influence birth weight, growth rate and lamb mortality in D'man sheep maintained under intensive management in Tunisian oases. *Small Ruminant Res.* 99, 166–170.
- Chniter, M., Maali, S., Hammadi, M., Khorchani, T., Harab, H., Krit, R., Ben Hamouda, M., Khaldi, G., Nowak, R., 2009. Effects of dam age, litter size and gender on birth weight of D'man lamb: consequence on lamb mortality. *J. Arid Land Stud.* 19, 169–172.
- Clarke, L., Firth, K., Heasman, L., Juniper, D.T., Budge, H., Stephenson, T., Symonds, M.E., 2000. Influence of relative size at birth on growth and glucose homeostasis in twin lambs during juvenile life. *Reprod. Fertil. Dev.* 12, 69–73.
- Doaa, F., Teleb, E.O.H., Saifelnasr, E., El-Sayed, H., 2009. Factors affecting performance and survivability of Saidi lambs from lambing to weaning. *Egypt. J. Sheep Goat Sci.* 4, 55–74.
- Doubek, J., Šlosárková, S., Fleischer, P., Malá, G., Skřivánek, M., 2003. Metabolic and hormonal profiles of potentiated cold stress in lambs during early postnatal period. *Czech J. Anim. Sci.* 48, 403–411.
- Dwyer, C.M., 2008. The welfare of the neonatal lamb. *Small Ruminant Res.* 76, 31–41.
- Dwyer, C.M., Calvert, S.K., Farish, M., Donbavand, J., Pickup, H.E., 2005. Breed, litter and parity effects on placental weight and placentome number, and consequences for the neonatal behaviour of the lamb. *Theriogenology* 63, 1092–1110.
- Dwyer, C.M., Morgan, C.A., 2006. Maintenance of body temperature in the neonatal lamb: effects of breed, birth weight, and litter size. *J. Anim. Sci.* 84, 1093–1101.
- Ekpe, E.D., Christopherson, R.J., 2000. Metabolic and endocrine responses to cold and feed restriction in ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 80, 87–95.
- Greenwood, P.L., Hunt, A.S., Slepatis, R.M., Finnerty, K.D., Alston, C., Beer-mann, D.H., Bell, A.W., 2002. Effects of birth weight and postnatal

- nutrition on neonatal sheep. III. Regulation of energy metabolism. *J. Anim. Sci.* 80, 2850–2861.
- Hunter, A.G., Reneau, J.K., Williams, J.B., 1977. Factors affecting IgG concentration in day-old lambs. *J. Anim. Sci.* 45, 1146–1151.
- Kenyon, P.R., Stafford, K.J., Morel, P.C.H., Morris, S.T., 2005. Does sward height grazed by ewes in mid- to late-pregnancy affect indices of colostrum intake by twin and triplet lambs? *New Zealand Vet. J.* 53, 336–339.
- Lahlou-Kassi, A., Berger, Y.M., Bradford, G.E., Boukhliq, R., Tibary, A., Derqaoui, A., Boujenane, I., 1989. Performance of D'man and Sardi Sheep on Accelerating Lambing. I. Fertility, Litter Size, Postpartum Anoestrus and Puberty. *Small Ruminant Res.* 2, 225–239.
- Lassoued, N., Rekik, M., 2001. Differences in reproductive efficiency between female sheep of the Queue fine de l'Ouest purebred and their first cross with D'man. *Anim. Res.* 50, 373–381.
- Liggins, G.C., 1994. The role of cortisol in preparing the fetus for birth. *Reprod. Fertil. Dev.* 6, 141–150.
- London, J.C., Weniger, J.H., 1996. Investigation into traditionally managed Djallonké – sheep production in humid and subhumid zones of Asante, Ghana. V. Productivity indices. *J. Anim. Breeding Genet.* 113, 483–492.
- Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M.A.M., 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. *Small Ruminant Res.* 71, 1–12.
- McCutcheon, S.N., Holmes, C.W., McDonald, M.F., 1981. The starvation-exposure syndrome and neonatal lamb mortality: a review. *Proc. New Zeal. Soc. Anim. Prod.* 41, 209–217.
- Mellado, M., Pittroff, W., García, G.E., Mellado, J., 2008. Serum IgG, blood profiles, growth and survival in goat kids supplemented with artificial colostrum on the first day of life. *Trop. Anim. Health Prod.* 40, 141–145.
- Mellor, D.J., Stafford, K.J., 2004. Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *Vet. J.* 168, 118–133.
- Mersmann, H.J., MacNeil, M.D., 1985. Relationship of plasma lipid concentrations to fat deposition in pigs. *J. Anim. Sci.* 61, 122–128.
- Miller, D.R., Blache, D., Jackson, R.B., Downie, E.F., Roche, J.R., 2010. Metabolic maturity at birth and neonate lamb survival: association among maternal factors, litter size, lamb birth weight, and plasma metabolic and endocrine factors on survival and behaviour. *J. Anim. Sci.* 88, 581–593.
- Miller, D.R., Jackson, R.B., Blache, D., Roche, J.R., 2009. Metabolic maturity at birth and neonate lamb survival and growth: the effects of maternal low-dose dexamethasone treatment. *J. Anim. Sci.* 87, 3167–3178.
- Morris, S.T., Kenyon, P.R., 2004. The effect of litter size and sward height on ewe and lamb performance. *New Zeal. J. Agric. Res.* 47, 275–286.
- Nieslon, K.S., 1995. Animal physiology. In: Nielson, Knut (Eds.), *Adaptation and Environment*, 4th ed. Cambridge University Press.
- Nowak, R., Poindron, P., 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 431–446.
- Nowak, R., Richard, H.P., Frédéric, L., Pierre, O., Benoist, S., 2000. Role of mother–young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. *Rev. Reprod.* 5, 153–163.
- Oztabaki, K., Ozpinar, A., 2006. Growth performance and metabolic profile of Chios lambs prevented from colostrums intake and artificially reared on a calf milk replacer. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 30, 319–324.
- Piccione, G., Borruso, M., Fazio, F., Giannetto, C., Caola, G., 2007. Physiological parameters in lambs during the first 30 days postpartum. *Small Ruminant Res.* 72, 57–60.
- Stafford, K.J., Kenyon, P.R., Morris, S.T., West, D.M., 2007. The physical state and metabolic status of lambs of different birth rank soon after birth. *Livestock Sci.* 111, 10–15.
- Stanko, R.L., Guthrie, M.J., Randel, R.D., 1991. Response to environmental temperatures in Brahman calves during the first compared to the second day after birth. *J. Anim. Sci.* 69, 4419–4427.
- Stephenson, T., Budge, H., Mostyn, A., Pearce, S., Webb, R., Symonds, M.E., 2001. Fetal and neonatal adipose maturation: a primary site of cytokine and cytokine–receptor action. *Biochem. Soc. Trans.* 29, 80–85.
- Sunehag, A.L., Haymond, M.W., 2002. Glucose extremes in newborn infants. In: Berseth, C.L. (Ed.), *Recent Advances in Neonatal Nutrition*, 29. Clin. Perinatol., pp. 245–260.
- Symonds, M.E., Andrews, D.C., Johnson, P., 1989. The control of thermoregulation in the developing lamb during slow wave sleep. *J. Dev. Physiol.* 11, 289–298.
- Symonds, M.E., Bryant, M.J., Clarke, L., Darby, C.J., Lomax, M.A., 1992. Effect of maternal cold exposure on brown adipose tissue and thermogenesis in the neonatal lamb. *J. Physiol. (Lond.)* 455, 487–502.
- Thompson, M.J., Briegel, J.R., Thompson, A.N., Adams, N.R., 2006. Differences in survival and neonatal metabolism in lambs from flocks selected for or against staple strength. *Aust. J. Agric. Res.* 57, 1221–1228.
- Thomson, B.C., Muir, P.D., Smith, N.B., 2004. Litter size, lamb survival, birth and twelve week weight in lambs born to cross-bred ewes. *Proc. New Zeal. Grasslands Assoc.* 66, 233–237.
- Walker, S.K., Kleemann, D.O., Bawden, C.S., 2003. Sheep Reproduction in Australia. Current Status and Potential for Improvement through Flock Management and Gene Discovery. Meat and Livestock Australia and the South Australian Research and Development Institute, Australia.
- Wassmuth, R., Löer, A., Langholz, H.J., 2001. Vigour of lambs newly born to outdoor wintering ewes. *Anim. Sci.* 72, 169–178.



Mohamed CHNITER



## **Facteurs de risque de la mortalité des agneaux D'man élevés dans les oasis tunisiennes: relations avec les aptitudes maternelles et la vigueur du nouveau-né**

### **Résumé**

Les ovins D'man sont élevés dans les oasis tunisiennes selon un rythme accéléré permettant d'avoir trois agnelages en deux ans. En plus des effets directs du mode d'élevage et d'environnement exercés sur les brebis D'man, la prolificité élevée pose question quant à la survie, la croissance et le bien-être des agneaux. L'objectif de ce travail est de déterminer les facteurs de risque qui affectent la survie et la croissance chez les agneaux D'man élevés dans les oasis de Gabès. Dans une première étape, le travail a traité les facteurs de risque d'ordre zootechnique et environnemental sur la base des données concernant 1189 agneaux élevés à la ferme de l'OEP de Gabès. En moyenne, un taux de mortalité égal à 13,4% a été observé de la naissance au sevrage dont 41% pendant les 10 premiers jours de vie, 29% entre 10 et 30 jours et 30% entre 30 et 70 jours. Le taux de mortalité est plus élevé chez les agneaux nés en hiver (23,5%) par comparaison au printemps (12,3%), l'automne (10,2%) et l'été (9,5%). A cause de leur poids léger, les agneaux issus des portées multiples (triples et quadruples) ont un taux de mortalité plus élevé (52,2%) comparés à ceux issus des portées simples et doubles ayant un poids de naissance medium (24,4%) ou lourd (1,8%). Les agneaux nés en printemps sont plus lourds à la naissance, à 30 et 70 jours et par conséquent ont des vitesses de croissance plus importantes par comparaison aux agneaux nés en hiver, en automne et en été. Le poids à la naissance et les vitesses de croissance sont également influencés par la taille de portée et l'âge de la brebis. Le faible poids à la naissance ( $\leq 1,5$  kg), les portées multiples (quadruples et quintuples) et les agnelages d'hiver sont les principaux facteurs de risque pour la survie et la croissance des agneaux D'man. Dans une deuxième étape, l'étude a porté sur la vigueur du nouveau-né et les changements physiologiques néonataux en rapport avec la survie et la croissance jusqu'au un mois d'âge chez 360 agneaux D'man. Les taux plasmatiques de glucose, des protéines totales, des immunoglobulines G (IgG), du cholestérol et des triglycérides sont faibles à 1-12 h après la naissance et augmentent au cours des 3 premiers jours. La température rectale a augmenté au cours de la même période avec des effets significatifs de l'année, la saison de naissance, la taille de portée, le poids de naissance et l'âge de la mère. La concentration plasmatique du cortisol mesurée à 24-36 h et 48-60 h après la naissance est négativement corrélée au poids de naissance. Les vitesses de croissance sont positivement corrélées à la température rectale et aux taux de glucose, des IgG, mais inversement corrélées au cortisol après 24 h de vie. Il a été constaté que la température rectale, le glucose et les protéines sont élevés chez les agneaux qui ont survécu au-delà d'un mois comparés aux agneaux morts. Les agneaux multiples, en particulier les triplets et les quadruplets ont un rapport élevé surface corporelle/poids, des faibles valeurs de température rectale ainsi que des indices physiologiques sanguins pendant les 3 premiers jours de vie ce qui compromet leurs chances de survie. Dans une dernière étape, l'étude a porté sur le processus de mise-bas chez 40 brebis D'man et l'attachement mère-jeune chez 13 brebis et leurs 27 agneaux. L'incidence des cas de dystocie a été observée dans 18% des cas, avec un retard dans l'expression du comportement néonatal des agneaux nés en hiver et/ou chez des

primipares. Une sélectivité maternelle a été observée ainsi qu'une préférence nette entre le couple brebis/agneau dans les 24-48 h post-partum ce qui prouve le développement d'un lien d'attachement fort et précoce. Néanmoins, le poids à la naissance semble avoir un effet positif sur la reconnaissance de la mère par l'agneau.

**Mots-clés:** agneaux D'man, période périnatale, vigueur, relation mère-jeune, mortalité, croissance, oasis tunisiennes.

## Résumé en anglais

D'man ewes are reared in Tunisian oases under an accelerated management system allowing breeders to have three lambing periods every two years. High prolificacy may accentuate the detrimental effects of an accelerated lambing system through problems which affect growth, welfare and survival. Therefore, the aim of the present study was to determine the risk factors of lamb mortality in this prolific breed maintained under intensive management in Tunisian oases. In a first step, growth and mortality rates are reported using records of 1189 lambs collected between 2004 and 2009 from an accelerated lambing system to determine risk factors according to characteristics of the animals and the environment. Results showed that overall mortality from birth to 70 days of age was 13.4%. Of all the total losses, 41% of the lambs died within 10 days of birth, 29% died between 10 and 30 days of age and 30% between 30 and 70 days. Mortality rate was significantly higher in winter (23.5%) than in spring (12.3%), autumn (10.2%) and summer (9.5%). Lambs in the low-weight category died more frequently (52.2%) than lambs from medium-weight (24.4%) to high-weight (1.8%) categories. Lambs born in spring were consistently the heaviest at birth, at 30 and 70 days of age with the greatest average daily gains compared to those born in winter, autumn and summer. Birth weights were affected by litter size and ewe age, and lambs from older ewes (2-10 years) grew faster than lambs born from young ewes (1 year). The principal risk factors identified were season (winter), birth type (multiple) and weight class ( $\leq 1.5$  kg). The second step of the study investigated from a total of 312 lambs to what extent the new-born lamb's vigour and the concomitant neonatal physiological changes may affect growth and survival rates over the first month of life. Glucose, proteins, immunoglobulin G (IgG), cholesterol and triglycerides plasma levels were low at 1-12 h of birth and then increased over the first 3 days. Rectal temperature increased as well, with a significant effect of year, season of birth, litter size, birth weight class and age of dam. Birth weight was negatively related to cortisol plasma levels at 24-36 h and 48-60 h of birth. Average daily weight gain over 10 days was positively related to plasma levels of glucose, IgG and rectal temperature, and inversely related to cortisol levels at all points measured. Average daily weight gain between 10 and 30 days was positively related to levels of glucose and IgG, and inversely related to cortisol level. It was found that rectal temperature, glucose and protein levels were higher in lambs that survived beyond one month of age in comparison to those that died. The main outcome of this study is that smaller triplets and quadruplets have lower rectal temperature and metabolites plasma level than twin- and single-born lambs during the first 3 days of life and this impairs their chance of survival. Finally, birth process, neonatal and maternal behaviours, and mother-young attachment were investigated. Results showed that dystocia occurs in 18% of the lambing cases. A delay in the expression of neonatal behaviour was observed in lambs born from primiparous ewes and those born in winter. A clear selectivity of the mother was observed within 24-48 h post-partum. Results showed that both mothers and lambs expressed a preference for their familiar kin 48 h after birth. Birth weight appears affecting positively the attachment process of the lamb her mother.

**Key-words:** D'man lambs, perinatal period, vigour, young-mother attachment, mortality, growth, Tunisian oases.