

ACADEMIE UNIVERSITAIRE WALLONIE-EUROPE

UNIVERSITE DE LIEGE

FACULTE DE MEDECINE VETERINAIRE

DEPARTEMENT PRODUCTIONS ANIMALES

SERVICE DE NUTRITION ANIMALE

THÈME:

Complémentation précoce en colostrum de vache Azawak chez la chèvre rousse de Maradi au Niger: effets sur les performances de croissance et de reproduction, et sur la survie au cours de la première année de vie.



Early complementation of Azawak cow colostrum in the red goat of Maradi in Niger: effects on growth performance and reproduction, and survival during the first year of life.

Harouna ABDOU

**THÈSE PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR EN
SCIENCES VÉTÉRINAIRES (Orientation: nutrition des animaux domestiques)**

Année Académique: 2013-2014

Composition du Jury:

Nom:

Titre:

Pr Laurent GILLET (Université de Liège, Belgique)..... Président du Jury/Committee Chair
Dr Christelle BOUDRY (FUSAGx-Gembloux, Belgique).....Membre du Jury/Committee Member
Pr Christian HANZEN (Université de Liège, Belgique).....Membre du Jury/Committee Member
Dr Eve RAMERY (Université de Liège, Belgique).....Membre du Jury/Committee Member
Pr Frederick ROLLIN (Université de Liège, Belgique).....Membre du Jury/Committee Member
Pr Geert JANSSENS (Université de Gent, Belgique).....Membre du Jury/Committee Member
Pr Nathalie KIRSHVINK (Université de Namur, Belgique).....Membre du Jury/Committee Member
Pr Jean-François BECKERS (Université de Liège, Belgique)..... Président du Comité de Thèse
Dr Isabelle DUFRASNE (Université de Liège, Belgique).....Membre du Comité de Thèse
Pr Hamani MARICHATOU (Université Abdou Moumouni, Niger)....Promoteur/Director
Pr Jean-Luc HORNICK (Université de Liège, Belgique).....Promoteur/ Director

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à:

✠ *La grande famille Hanafiou;*

✠ *Mon défunt père Abdou HANAFIOU. Certes, vous nous avez quitté mais nous avons toujours à l'esprit votre image. Vous nous avez donné une éducation exemplaire. Je prie DIEU le Tout Puissant, le Clément et le Miséricordieux pour le repos de votre âme. Qu'il vous accueille dans son paradis Amen !*

✠ *Ma mère et mes sœurs pour l'amour que vous avez à mon endroit mais également les souffrances endurées;*

✠ *Mes fils Abdallah, Mohamed et ma femme Adiza YACOUBA MOUMOUNI;*

✠ *Pr Jean-Luc HORNICK et sa famille;*

✠ *Mes amis (es) pour le soutien moral;*

✠ *Ma défunte grand-mère Oumou BASSAROU, vous avez perdu votre énergie et supporté mes caprices pendant l'étape difficile de ma vie (enfance). Que votre âme repose en paix Amen !*

✠ *Au Niger, à qui je souhaite paix et prospérité.*

REMERCIEMENTS:

Au terme de cette étude, il est de mon devoir de remercier vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Je remercie avant tout DIEU (الله) de sa grâce.

Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit du Pr Jean-Luc HORNICK, pour avoir cru à moi. Vous avez dirigé ce travail avec toute la rigueur scientifique. Vos qualités humaines et votre passion pour un travail bien fait m'ont fortement marqué. Ce travail est le vôtre. Trouvez ici l'expression de ma parfaite reconnaissance. En un mot, Cher Professeur, le vocabulaire me manque pour vous remercier. Que Dieu vous bénisse et vous accorde longue vie et prospérité pour que la recherche scientifique puisse rayonner. Amen!

J'exprime toute ma reconnaissance au Pr Hamani MARICHATOU, Enseignant chercheur à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger) qui a bien voulu accepter d'être le Co-promoteur de ce travail. Je vous prie Cher Professeur, de recevoir l'expression de ma profonde gratitude. Amen!

Ces remerciements vont également à l'endroit du Pr Jean-François BECKERS, qui s'est impliqué profondément pour la réussite de cette étude. Vous êtes toujours intervenu au moment difficile du travail dans le seul but de sa réussite. Vous avez également accepté d'être le président du comité de cette thèse. Cher Professeur, il est difficile pour moi de citer la liste des bienfaits et de vos actions d'encouragement dans le cadre de ce travail. C'est ici l'occasion pour moi de vous exprimer l'expression de ma profonde gratitude. Qu'il me soit permis de remercier l'ensemble du personnel du service de physiologie de la reproduction dont vous avez la haute responsabilité. Que DIEU vous bénisse et vous accorde longue vie et prospérité. Amen!

Je tiens également à remercier très sincèrement le Dr Isabelle DUFRASNE qui a bien voulu accepter d'être membre du comité de la thèse, mais également de siéger dans le jury de délibération. Vous avez aussi contribué inlassablement au cours du présent travail. Que DIEU vous bénisse et vous accorde longue vie et prospérité. Amen!

J'adresse mes sincères remerciements au Pr Louis ISTASSE, qui a bien voulu m'accepter au service de nutrition des animaux domestiques dont il est le premier responsable. Vous avez œuvré sans relâche pour la réussite du présent travail. Je vous prie d'accepter une fois de plus l'expression de ma profonde gratitude. Je vous souhaite longue vie et prospérité. Amen!

Au Pr Laurent GILLET, j'adresse mes sincères remerciements pour m'avoir honoré en acceptant de

présider le jury de délibération. Que Dieu vous bénisse. Amen!

Je dis également merci au Pr Pascal LEROY, qui ne cesse de nous prodiguer des sages conseils. Vos qualités humaines nous ont fortement marqué. Que DIEU vous bénisse et vous accorde longue vie et prospérité. Amen!

Au Pr Frederick ROLLIN, à qui je réitère mes sincères remerciements et l'expression de ma parfaite reconnaissance. Cher Professeur, je ne cesse de vous remercier d'abord pour votre disponibilité constante et ensuite pour votre contribution si efficace. En effet, vous avez apporté des critiques sur le projet de recherche. J'apprécie du fond du cœur ces genres de contributions qui vont dans le sens de l'amélioration de la qualité du travail. C'est ici le lieu pour moi de vous exprimer l'expression de ma profonde gratitude.

Au Pr Christian HANZEN et Dr Eve RAMERY, vous avez accepté de siéger dans le jury de délibération, ce qui témoigne de l'intérêt que vous portez à notre travail. Par ailleurs, Dr Eve RAMERY nous a prêté forte main au cours des analyses des échantillons de sang pour la détermination des profils plasmatiques. Qu'il me soit permis de vous adresser ma profonde gratitude.

Au Pr Geert JANSSENS, Pr Nathalie KIRSHVINK, Dr Christelle BOUDRY, vous avez accepté d'effectuer le déplacement sur Liège, malgré vos programmes surchargés afin de juger le présent travail. Je puis vous assurer de l'expression de ma parfaite reconnaissance. Recevez mes sincères remerciements et mes salutations distinguées.

Je dis merci au Dr Nassim MOULA et Dr Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX. Monsieur Moula, je vous prie d'accepter ma parfaite reconnaissance et ma profonde gratitude. C'est un devoir pour moi voir une obligation de vous adresser mes sincères remerciements. J'ai encore en mémoire le souvenir de l'accueil chaleureux que tu m'a réservé ce vendredi 18 septembre 2009 où j'ai mis pied pour la première fois dans la faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège. Nous étions resté dans un même bureau pendant un mois. Après le Pr Jean-Luc, tu es mon deuxième tuteur ici en Belgique. Depuis ce jour tu n'as cessé de me prodiguer des conseils. Tu étais toujours à mes côtés pendant des périodes difficiles. Mon cher , la liste est longue. Que Dieu te bénisse. Amen!

À Monsieur Fabry CHRISTOPHE, technicien au laboratoire du service de nutrition de la Faculté de Médecine Vétérinaire ainsi que ses collègues de travail. Monsieur Fabry nous a prêté forte main au cours des analyses des échantillons du colostrum. Le dosage de certains composants du colostrum a été rendu possible grâce sa collaboration. Il a fait preuve de disponibilité au cours du travail. Je vous en suis très reconnaissant.

Je me dois de saluer, de remercier et de rendre un hommage au personnel du Centre secondaire

d'élevage caprin de Maradi pour leur franche collaboration. Si ce travail a pu aboutir c'est grâce aux efforts de chacun de vous.

Au Royaume de Belgique et plus précisément sa Coopération Technique pour nous avoir permis cette formation. Je remercie vivement l'ensemble du personnel de la Coopération Technique Belge (CTB) de Niamey et Bruxelles pour la qualité de l'accueil et du service rendu. Cette étude a été financée en grande partie par la Coopération Technique Belge. Je ne termine pas sans adresser mes sincères remerciements au Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) qui a pris en charge mon séjour en Belgique pour la défense de cette thèse. Sans l'aide financière de la CTB et du PPAAO, cette thèse n'aurait pu voir le jour.

Enfin, j'adresse mes salutations et remerciements aux corps professoral de la FMV pour la qualité du savoir transmis; aux amis et compatriotes. Je vous en suis très reconnaissant pour l'esprit de solidarité et le soutien moral. Je dis également merci au Centre d'Economie Rurale (CER), qui a permis le dosage des composants tels que les immunoglobulines et la lactoferrine.

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES:

Ac: Anticorps

ADG: Average Daily Gain

AHA: Aménagements Hydro Agricoles

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

AMPMB: Age moyen à la première mise bas

CER: Centre d'Economie Rurale

CLK: Coopérative laitière de Kirkissoye

ColG: Colostrum Groupe

ConG: Contrôle Groupe

CSECM: Centre Secondaire d'Élevage Caprin de Maradi

CTB: Coopération Technique Belge

CUM: Communauté Urbaine de Maradi

DG: Durée de la gestation

DRDA/M: Direction Régionale de l'Agriculture

DRE/M: Direction Régionale de l'Élevage

DRHE/M: Direction Régionale de l'hydraulique et de l'Environnement

DS/ME: Direction de la Statistique / Ministère de l'Élevage et des Industries Animales

EDTA: Ethylene Diamine Tetraacetic Acid

EISMV: Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar

ELISA: Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

ENA: Extrait non azoté

FMV: Faculté de Médecine Vétérinaire

GMQ: Gain Moyen Quotidien

GSCFM: Goat Secondary Center Farm of Maradi

Ig: Immunoglobuline

INRAN: Institut National de la Recherche Agronomique du Niger

IVV: Intervalle vêlage-vêlage

MAFK: Mean Age at First Kidding

MAT: Matière Azotée Totale

MDA/MRA: Ministère de Développement Agricole / Ministère des Ressources Animales

MEIA: Ministère de l'Élevage et des Industries animales

MELCD: Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre la Désertification

MF: Matière Fraiche

MG: Matière Grasse

MRA: Ministère des Ressources Animales

NS: Non significatif

PIB: Produit Intérieur Brut

RA/SEK: Rapport Annuel de la Station d'Élevage de Kirkissoye

RGP/H: Recensement Général de la Population et de l'Habitat

SEK: Station d'Élevage de Kirkissoye

SL: Station de Loumbila

SE/SRP: Secrétariat Exécutif / Stratégie de la Réduction de la pauvreté

SSET: Station Sahélienne Expérimentale de Toukounous

TF: Taux de fécondité

ULg: Université de Liège

Résumé général:

L'élevage des petits ruminants représente au Niger, la ressource principale pour plus de 6 millions de paysans pauvres, vivant avec moins de 1 dollar US par jour. C'est un trésor important qui contribue à la renommée des familles. Selon le recensement général de l'agriculture et de l'élevage (2007), le cheptel Nigérien se chiffre à 31 millions toutes espèces confondues dont 11 millions de caprins (36,21 %) et 9 millions d'ovins (30 %).

Bien qu'il occupe une place de choix, l'élevage des petits ruminants reste confronté à des contraintes dont les principales sont: les sécheresses chroniques et répétitives ayant pour conséquence un déficit alimentaire constant, la pression démographique entraînant une concurrence entre les cultures et les animaux pour l'occupation de la terre et enfin les pathologies récurrentes (parasitoses gastro-intestinales, affections digestives) accompagnées le plus souvent par des diarrhées. Par ailleurs, la naissance et le sevrage sont deux périodes critiques pour les jeunes animaux. Si à la naissance, le système immunitaire reste en chantier et par conséquent déficient, au sevrage c'est le changement alimentaire qui peut handicaper la croissance des jeunes. Malheureusement, ils ne reçoivent pas toujours toute l'attention et la vigilance nécessaire pour optimiser leur développement. Dans ce contexte, il serait intéressant d'étudier les solutions possibles à ces problèmes. L'utilisation du colostrum bovin semble être exploitable dans la mesure où il renferme des éléments nutritifs et antimicrobiens nécessaires pour le bovin, mais également pour d'autres espèces (caprins, ovins, porcs, homme). Pour cette étude, le choix du colostrum bovin a été guidé aussi par sa disponibilité à la station sahélienne expérimentale de Toukounous au Niger.

À priori, l'objectif de cette thèse est de vérifier l'hypothèse d'un effet bénéfique de l'administration du colostrum bovin sur la santé et les performances zootechniques des cabris.

Le premier chapitre présente d'abord le milieu physique du Niger, puis s'intéresse à quelques caractéristiques des animaux de l'étude à savoir la race bovine Azawak et la race caprine dénommée chèvre rousse de Maradi. En effet, le zébu Azawak est un animal de taille moyenne (1,3 m au garrot), Dans des très bonnes conditions et en élevage intensif, la vache zébu Azawak peut produire en moyenne 12 litres par jour. Le rendement à l'abattage va de 50 à 60%. Quant à la chèvre rousse, elle est de taille moyenne ou petite (0,55-0,65 m). La durée de lactation est de 3 à 4 mois après la mise bas selon les conditions d'élevage et la production laitière annuelle est de 150 kg en 200 jours. Le rendement à l'abattage (poids carcasse) varie de 50 à 55% pour le sujet castré.

Le deuxième chapitre est une synthèse bibliographique sur la physiologie de la production et composition chimique du colostrum. Cette revue fait la compilation des informations les plus récentes sur le mécanisme de synthèse du colostrum, son aspect physico-chimique, son importance et enfin les

facteurs de variation des composants chimiques de cette première sécrétion mammaire après la mise bas. Le colostrum renferme tous les éléments nécessaires permettant non seulement une protection contre les agressions d'agents pathogènes, mais également une croissance rapide des jeunes animaux.

Le chapitre trois est relatif à la comparaison par méta-analyse de la composition chimique du colostrum de la race bovine Azawak à des données synthétisées de la littérature. Cette étude a guidé le choix de l'espèce dont le colostrum doit être administré au cours des expériences sur le terrain. Les concentrations moyennes d'IgG, IgM, MS, protéines et matières grasses pour la vache Azawak ont présenté des valeurs plus faibles ($P < 0,001$) que celles obtenus chez d'autres races, mais il convient de noter des niveaux élevés d'IgA ($P > 0,05$), de lactose et de cendre brute ($P < 0,001$). En ce qui concerne les minéraux solubles, les concentrations moyennes de Ca, P, Na et Mg dans le colostrum de bovin Azawak étaient significativement plus élevées ($P < 0,001$) que celles de moyennes obtenues à partir des données de synthèse. En conclusion, comparé aux données de littérature, le colostrum de vache Azawak semble être plus pauvre en immunoglobuline, en lipides et en protéines, mais plus riche en lactose et en minéraux. Il se pourrait qu'il s'agisse d'une adaptation de la race au milieu sahélien.

Le chapitre quatre est intitulé "l'Effet de l'administration du colostrum de bovin Azawak sur le profil plasmatique, la croissance et la survie chez les chevreaux roux". Cette étude visait à évaluer l'impact de l'administration de colostrum hétérologue Azawak sur le profil protéique plasmatique, la croissance et le taux de survie des chevreaux roux au Niger. Après la naissance et ce, jusqu'à la fin de l'essai, les poids vifs ont augmenté avec le temps dans les deux groupes, mais les valeurs ont été plus élevées dans le groupe colostrum que dans le groupe témoin (+ 1,4 kg à j29, $P < 0,001$). Dans l'ensemble, le groupe colostrum a présenté un gain moyen quotidien largement supérieur à celui du groupe témoin ($P < 0,001$). Les concentrations moyennes de fractions plasmatiques obtenues à l'âge de 10 et 30 jours ont atteint des valeurs plus élevées dans le lot colostrum que dans le lot contrôle. A 10 jours, le groupe colostrum a tendu à montrer des teneurs supérieures pour l' α -globuline et la β_1 -globuline ($P < 0,06$). A 30 jours, les protéines totales et les β_2 -globulines ont été supérieures dans le groupe colostrum. L'administration du colostrum hétérologue chez le chevreau semble donc avoir des effets positifs sur certains paramètres plasmatiques et même les performances pondérales.

Le cinquième chapitre traite de "Effet de l'apport en colostrum de bovin Azawak sur les performances, les paramètres de reproduction et la survie chez les chevreaux roux". Cette étude a permis de comparer les performances de croissance pondérale ainsi que le gain moyen quotidien de deux lots de cabris élevés selon les deux modes c'est-à-dire la supplémentation ($n = 20$) et son absence non ($n = 20$). Le poids vif moyen du groupe colostrum a atteint une valeur significativement plus élevée que celle obtenu chez les animaux non supplémenté ($P < 0,001$) et les effets du traitement sur ADG ont été observés jusqu'à 150 jours après la fin de la supplémentation. Une tendance similaire de longue durée

a également été observée en relation avec le taux de mortalité (25% pour ColG vs 55% pour ConG, ($P = 0,05$). L'âge à la première mise bas tendait à être plus faible dans le groupe traité ($13,8 \pm 0,7$ vs $14,1 \pm 0,8$ mois, $p < 0,1$). Dans l'ensemble, l'analyse statistique a révélé des différences très significatives en faveur du groupe de colostrum. Globalement, l'analyse statistique des données a révélé des différences hautement significatives en faveur du lot colostrum.

Le sixième chapitre porte sur l'Effet de l'administration post-partum de colostrum bovin Azawak sur les paramètres zootechniques de cabris roux. Un dispositif quasi-similaire à celui du premier essai (chapitre IV) a été appliqué. La différence se situait au niveau de la dose du colostrum administré. En effet, la quantité de colostrum administrée (15 ml) lors du premier essai a été majorée de 66,7 % au cours de cette expérimentation soit une quantité de 25ml/jour/chevreau. Comme le premier essai a été probant, l'objectif de ce travail était de voir si l'augmentation de la dose du colostrum à administrer peut améliorer davantage les paramètres zootechniques et réduire considérablement le taux de mortalité. Les résultats indiquent que la supplémentation avec du colostrum bovin augmente la croissance des chevreaux principalement jusqu'au sevrage ($P < 0,001$), améliore l'état sanitaire et diminue le taux de mortalité ($P < 0,05$), modifie quelques paramètres zootechniques. Cette étude suggère de prodiguer un allaitement artificiel chez d'autres espèces animales dont les mères peinent à couvrir les besoins en colostrum et en lait de leur progéniture.

A notre connaissance, dans l'environnement étudié, ce travail est **original** et semble apporter de **nouvelles connaissances** qui auront probablement des **applications pratiques** dans les régions présentant des conditions d'élevage assez difficiles.

Mots-clés: Bovin Azawak, colostrum, performance, survie, chevreaux roux.

General Summary:

Small ruminant production in Niger is the primary resource for more than 6 millions of poor farmers living with less than U.S. \$ 1 per day. It is an important treasure that contributes to the reputation of the family. According to General Inventory for Agriculture and Livestock (2007), the global livestock of Niger amounted to 31 million heads, including 11 millions goats (36.21%) and 9 million sheep (30%). Although it occupies a place of choice, small ruminant remains confronted constraints such as chronic droughts which results in a constant feed deficit, demographic pressure resulting in concurrence between crops and animals for occupation of land and finally recurrent disease (gastro-intestinal parasites, digestive disorders) accompanied most often by diarrhea. In addition, the birth and weaning are two critical periods for young animals. If at birth, immune system remains precarious and therefore deficient, at weaning dietary change can hamper the growth of these young animals that does not always receive the attention and vigilance needed to optimize their development. The use of bovine colostrum seems to be an interesting option to these problems as it contains nutrients and antimicrobials elements for cattle but also for other species (goats, sheep, pigs, humans). In this study, the choice of bovine colostrum was also guided by its availability at the Sahelian Experimental Station of Toukounous in Niger.

Initially, the aim of this thesis was to test the hypothesis of a beneficial effect of the administration of bovine colostrum on health and growth performance in Red kids.

The first chapter presents the physical environment of Niger, and then looks at some characteristics of animals used in the study namely, Azawak bovine and red goat of Maradi. The zebu Azawak is an animal of medium size (1.3 m at the withers). In very good conditions and intensive livestock, Azawak cow can produce on average 6-8 liters per day. The carcass yield is 50 to 60%. The red goat is medium or small (0.55-0.65 m) size. The lactation period is 3 to 4 months postpartum in farming conditions and the annual milk production is 150 kg in 200 days. The dressing out percentage ranges from 50 to 55% for castrated subjects.

The second chapter is a literature review on physiology of the production and chemical composition of colostrum. This review is the compilation of the most recent information on the mechanism of synthesis of colostrum, its physical and chemical aspects, its importance and factors of variation. Colostrum contains all the required elements not only to protect the young against pathogens attacks, but also for rapid growth of young animals.

Chapter three deals with the comparison between bovine and Azawak colostrum by meta-analysis of available literature. This study has guided the selection of the species whose colostrum should be administered during the field experiments. The mean levels of IgG, IgM, DM, protein, and fat for

Azawak cow presented lower values ($P < 0.001$) than those obtained in other breeds, but contains high levels of IgA ($P > 0.05$), lactose and ash ($P < 0.001$). Regarding to soluble minerals, contents of Ca, P, Na and Mg in Azawak bovine colostrum were significantly higher ($P < 0.001$) than the means levels of the synthesis data. In conclusion, the colostrum from Azawak cows appears to be lower in most immunoglobulins, in fat and in protein than the values reported in the literature, but higher in lactose and minerals. This could be an adaptation to Sahelian constraints.

Chapter fourth, entitled "Effect of bovine colostrum administration on plasma protein profile, growth, and survival in Red kid", aims at assessing the impact of the administration of heterogenous colostrum Azawak on plasma protein profile. After birth until the end of trial, BW increased over time in both group, but values were higher in **ColG** than in **ConG**, reaching + 1.4 kg at d29 ($P < 0.001$). As a whole, **ColG** had largely higher **ADG** than **ConG** ($P < 0.001$). Mean concentrations of plasma fractions obtained at both ages reached higher values in the colostrum ($n = 18$) supplemented group than those of the control group ($n = 16$). At d10, the colostrum group tended to show higher levels for α -globulin and β 1-globulin ($P < 0.06$). At 30 days, total protein and β 2-globulins were higher in the colostrum group. The administration of heterogenous colostrum in the kid seems to have positive effects on some plasma parameters, and growth rate.

The fifth chapter discusses "Effect of bovine colostrum intake on animal performance, reproductive parameters and survival in Red kids". This study compares the performance of weight gain and average daily gain (ADG) of two groups of 20 goats either raised with colostrum supplementation 50 mL/animal/day of bovine colostrum, divided into two meals, and 15 mL/animal/day from d2 to d15 (supplemented group), or not (control group). Growth was higher ($P < 0.001$) in supplemented animal and the treatment effects on ADG were observed up to 150 d after the end of supplementation. A similar long-lasting trend was also observed in relation with the mortality rate (25% for the supplemented group vs 55% for the control group; $P < 0.06$). Overall, the statistical analysis revealed highly significant differences in favor of the colostrum group.

The sixth chapter deals with the effect of antepartum administration of bovine colostrum Azawak on zootechnical parameters of red goats. A design almost similar to the first trial (chapter IV) was applied. The difference was at the dose of colostrum administered, i.e., 25 mL/kid/day against 15 mL/kid/day at the first experiment. The objective of this work was to assess whether increasing the dose of colostrum can further improve the zootechnical parameters and significantly reduce the mortality rate. Forty newborn kids, regardless of sex, were divided randomly into two groups: a control group receiving only milk from the mother ($n = 20$) and a supplemented group having the same diet but supplemented with thawed bovine colostrum (50 ml the first day of life, then 25 ml in 2 meals/ day, given by bottle between the ages of 2 and 15d, $n = 20$). The results indicated that supplementation with

bovine colostrum increased the growth of kids until weaning ($P < 0.001$), improved health status and reduced the mortality rate ($P < 0.05$) and finally modified some barymetric parameters. This study suggests to encourage artificial feeding in other species whose mothers are struggling to meet the needs of their offspring. To our knowledge, in the studied environment, this work is **original** and seems to bring *new knowledges* likely to have *practical applications* in areas with difficult farming conditions quite.

Key-words: Azawak bovine; colostrum, growth; survival, Red kids.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES	iv
Résumé Général	vi
General Summary	ix
Table des matières	xi
Avant-propos	1
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	3
1. Problématique	3
2. Justification de la thématique.....	4
3. Objectifs	4
4. Hypothèse de recherche	4
5. Risques.....	4
PREMIÈRE-PARTIE: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	6
Chapitre I: PRÉSENTATION DU NIGER ET QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DES ANIMAUX DE L'ÉTUDE	7
1. MILIEU PHYSIQUE	7
2. RESSOURCES AGRO-PASTORALES	7
3. PRÉSENTATION DE LA ZONE DE L'ÉTUDE	8
3.1. Localisation	8
3.2. Climat	8
3.3. Hydraulique	8
3.4. Agriculture	8
3.5. Élevage.....	9
4. QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DES ANIMAUX DE L'ÉTUDE.....	9
4.1. La race zébu Azawak	9
4.1.1. Origine et aire de dispersion	9
4.1.2. Caractéristiques raciales	10

4.1.3. Les performances zootechniques	10
4.1.4. Les paramètre de reproduction	10
4.2. La chèvre rousse de Maradi	11
4.2.1. Origine et aire de dispersion	11
4.2.2. Caractéristiques raciales	11
4.2.3. Les performances zootechniques	12
4.2.4. Les paramètre de reproduction	12
5. RÉFÉRENCES	13
CHAPITRE II: PHYSIOLOGIE DE LA PRODUCTION ET COMPOSITION CHIMIQUE DU COLOSTRUM DES GRANDS MAMMIFÈRES DOMESTIQUES	27
Résumé	27
Abstract	28
1. INTRODUCTION	29
2. MECANISMES DE SÉCRÉTION DU COLOSTRUM ET SON CONTRÔLE HORMONAL.....	29
2.1. La mammogenèse.....	30
2.2. La lactogenèse	32
2.3. La galactopoïèse.....	33
2.4. La sécrétion des composants du colostrum	33
3. COMPOSITION CHIMIQUE ET RÔLE DES COMPOSANTS DU COLOSTRUM.....	34
3.1. Composition chimique	34
3.1.1. Les éléments majeurs.....	34
3.1.2. Les éléments mineurs.....	35
3.2. Importance et rôle des composants du colostrum	36
4. FACTEURS DE VARIATION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DU COLOSTRUM.....	37
4.1. Les facteurs intrinsèques	38
4.2. Les facteurs extrinsèques	38

5. CONCLUSION	40
6. REFERENCES	41
DEUXIÈME-PARTIE: ÉTUDE EXPÉRIMENTALE	60
CHAPITRE III: Chemical composition of colostrum from Azawak cow in Niger: compared with meta-analytical data	61
Abstract	61
Résumé	62
Resumen	63
Introduction	64
Materials and methods.....	64
Animal.....	64
Colostrum collection	65
Chemical analysis	65
Meta-analytic data collection	65
Data Analysis	66
Results	67
Discussion	67
Conclusion.....	69
References	71
CHAPITRE IV: Effect of bovine colostrum administration on plasma protein profile, growth, and survival in Red kid.....	80
Abstract	80
1. Introduction	81
2. Material and methods	81
<i>2.1. Experimental site</i>	<i>81</i>
<i>2.2. Colostrum collection and analysis</i>	<i>82</i>

2.3. <i>Animals and experimentation</i>	82
2.4. <i>Measurements and samples</i>	83
2.5. <i>Statistical analysis</i>	83
3. Results	84
3.1. <i>Plasma protein</i>	84
3.2. <i>Growth and survival</i>	84
4. Discussion	85
4.1. <i>Plasma protein</i>	85
4.2. <i>Growth and survival</i>	87
5. Conclusion and prospects	87
6. References	89
CHAPITRE V: Effect of bovine colostrum intake on animal performance, reproductive parameters and survival in Red kids	98
Abstract	98
Introduction	99
Materials and Methods	99
Experimental site	99
Colostrum collection	99
Animals and experimentation	100
Control parameters	100
Statistical analysis	101
Results	101
Growth	101
Reproductive parameters	102
Survival rate	102
Discussion	102
Growth	102

Reproductive parameters	104
Survival rate	104
Conclusion	105
References	106
CHAPITRE VI: La supplémentation avec du colostrum de bovin Azawak pendant les deux premières semaines postnatales améliore les performances et la survie chez le cabri roux pendant la première année de vie.....	114
Résumé	114
Abstract	115
1. INTRODUCTION	116
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	116
2.1. Site expérimental	116
2.2. Collecte et analyses du colostrum	117
2.3. Animaux et expérimentation	117
2.4. Les paramètres mesurés.....	118
2.5. Analyse statistique	118
3. RÉSULTATS	119
3.1. Mortalité.....	119
3.2. Croissance pondérale	119
3.3. Paramètres de reproduction et mesures corporelles	119
4. DISCUSSION.....	120
4.1. Mortalités	120
4.2. Croissance pondérale	121
4.3. Paramètres de reproduction et mesures corporelles	122
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	123
RÉFÉRENCES	124

TROISIÈME-PARTIE: DISCUSSION GÉNÉRALE	133
CHAPITRE VII: DISCUSSION GÉNÉRALE	134
1. CONTEXTE	134
2. GÉNÉRALITÉS SUR LE MILIEU DE L'ÉTUDE ET CARACTÉRISTIQUES DES ANIMAUX DE L'ÉTUDE.	135
3. MECANISME DE SYNTHÈSE ET COMPOSITION CHIMIQUE DU COLOSTRUM.....	137
4. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE	138
4.1. Analyse de la composition du colostrum	139
4.2. Effets sur les paramètres plasmatiques	140
4.3. Les performances pondérales	141
4.4. Les paramètres de reproduction	143
4.5. Le taux de survie.....	144
RÉFÉRENCES	145
QUATRIÈME-PARTIE: CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	150
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	151

Avant-propos:

Cette thèse est structurée sous forme d'une compilation d'articles scientifiques publiés et manuscrit soumis pour publication dans les revues scientifiques suivantes: *Annales de Médecine Vétérinaire*, *Animal Genetic Resource*, *Journal of Physiology and Animal Nutrition* et *Small Ruminant Research*.

Après une introduction générale qui situe le contexte, puis justifie et détermine les objectifs de l'étude, le présent travail comprend quatre parties essentielles:

La première partie porte sur la synthèse bibliographique et regroupe les chapitres I et II. Le chapitre I présente d'abord le milieu physique du Niger, puis s'intéresse à quelques caractéristiques des animaux de l'étude. Le chapitre II est une synthèse bibliographique sur la physiologie de la production et composition chimique du colostrum (article 1).

La seconde partie (chapitres III, IV, V et VI) concerne l'étude expérimentale. Le chapitre III est relatif à une comparaison "Chemical composition of colostrum from Azawak cow in Niger compared with meta-analytical data" (article 2). Le chapitre IV traite de "Effect of bovine colostrum administration on plasma protein profile, growth, and survival in Red kids" (article 3). Le chapitre V est intitulé: "Effect of bovine colostrum intake on growth, reproductive parameters and survival in Red kids" (article 4). Le chapitre VI est intitulé "La supplémentation avec du colostrum de bovin Azawak pendant les deux premières semaines postnatales améliore les performances et la survie chez le cabri roux pendant la première année de vie" (manuscrit 5).

La troisième partie est une discussion intégrée des résultats obtenus au cours des différents essais.

Enfin, la quatrième partie s'intéresse à la conclusion générale et aux propositions.

Introduction générale:

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La population nigérienne est très majoritairement rurale. La richesse nationale repose essentiellement sur le secteur agricole qui intéresse environ 80% de la population. La stratégie de réduction de la pauvreté (SRP), adoptée par le gouvernement de la République du Niger en janvier 2002, a assigné au secteur rural le rôle de principal moteur de la croissance économique du pays à l'horizon 2015. Selon Rhissa (2010), cette place prépondérante donnée au développement rural résulte de l'importance des productions agro-sylvo-pastorales dans la formation du produit intérieur brut (PIB).

L'élevage constitue la deuxième recette d'exportation après les minerais et sa contribution est d'environ 12 % au PIB du pays (RGP/H, 2001). Les petits ruminants représentent un capital de départ pour la constitution de troupeaux bovins. C'est un trésor important qui contribue à la renommée des familles. Par ailleurs, l'élevage des petits ruminants représente au Niger, la ressource principale pour plus de 6 millions de paysans pauvres, vivant avec moins de 1 dollar US par jour (DS/MEIA 2006). Ces éleveurs pauvres sont principalement localisés en zones rurales et périurbaines. En un mot, l'élevage des petits ruminants a une dimension socio-économique. Selon le rapport du Ministère de l'élevage et des industries animales rapporté par Rhissa (2010), la valeur des produits d'élevage exportés dans la sous région est estimée en moyenne à quelques 23,910 milliards de FCFA (\approx 36,45 millions d'euro) soit l'équivalent de 12 000 tonnes de viande.

1. Problématique

Bien qu'il occupe une place de choix, l'élevage des petits ruminants reste confronté à diverses contraintes.

L'alimentation constitue le principal facteur limitant. Celle-ci étant insuffisante, on assiste à des baisses de poids à certaines périodes, surtout pendant les périodes de déficit alimentaire (soudure), et à une légère hausse en hivernage. Les jeunes à la mamelle sont surtout les plus touchés (Voisin, 2005). La réduction de la mortalité des jeunes nécessite que l'éleveur maîtrise d'abord l'alimentation des mères car de la mère dépend la qualité de la parturition et du colostrum et donc de la vigueur du nouveau-né dans ses premières heures. Existente également le problème d'infrastructures (bâtiments d'élevage) et de logistique. Celles-ci exposent le cheptel à des pénuries ou à des maladies pouvant entraîner des pertes graves.

La santé est le facteur favorable à toute production, or elle fait défaut assez souvent dans nos troupeaux. Cette santé est perturbée par plusieurs maladies. Les plus importantes fréquemment relevées au niveau des petits ruminants sont les parasitoses gastro-intestinales et pulmonaires, les affections respiratoires et digestives se traduisant par des entérites diarrhéiques, la Peste des Petits Ruminants et des pasteurelloses.

2. Justification de la thématique

Les premiers jours après la naissance et le sevrage sont deux périodes critiques de la vie des cabris qui jouent un rôle prédominant dans la rentabilité de la production. Si à la naissance, le système immunitaire reste incomplet et par conséquent déficient (Imbert, 2005 ; Rawal *et al.*, 2008), au sevrage le changement alimentaire pourrait handicaper la croissance de ces jeunes animaux. Malheureusement, ils ne reçoivent pas toujours toute l'attention et la vigilance nécessaires pour optimiser leur développement. Pourtant, ces animaux forment le troupeau de demain et sont les garants de la rentabilité future de l'exploitation. En 2010, les statistiques (données non publiées) du centre secondaire d'élevage caprin de Maradi (CSECM) ont révélé que 76 % des chevreaux morts décèdent avant l'âge de 2 mois. Par ailleurs, des essais portant sur l'amélioration des performances zootechniques et la réduction des mortalités dans cette race caprine n'ont pas permis d'améliorer significativement ces paramètres, d'où la présente étude dont les objectifs sont indiqués ci-dessous.

3. Objectifs

À priori, l'objet principal de cette étude était de vérifier l'hypothèse d'un effet bénéfique du colostrum bovin chez les chevreaux.

Les objectifs spécifiques visaient, d'une part, à améliorer les performances zootechniques des cabris; et d'autre part à renforcer leur résistance afin de réduire le taux de mortalité chez ces jeunes animaux.

4. Hypothèses de recherche

L'étude s'est basée sur les hypothèses suivantes:

1. Le colostrum du bovin Azawak est suffisamment riche en protéines, en vitamines, en oligo-éléments, en facteurs de croissance pour être utilisé chez le caprin.
2. Le colostrum bovin exerce un effet systémique lorsqu'il est donné le premier jour de vie du chevreau, et au moins un effet local par après.
3. La protection conférée par le colostrum exerce un effet rémanent qui se manifeste par une meilleure croissance, une meilleure reproduction et une moindre mortalité.

5. Risques

L'expérience que nous avons voulu mettre au point est sans précédent au Niger, voire même dans la sous région ouest africaine. La réussite d'un tel projet de recherche était principalement conditionnée par:

1. L'existence d'un stock de colostrum, afin d'éviter une éventuelle rupture au cours de l'expérimentation. Pour ce faire, il a été administré aux nouveau-nés du colostrum décongelé.
2. Le maintien de la chaîne froide pour la distribution du colostrum.
3. La vaccination des vaches donneuses de colostrum pour éviter la transmission de certains virus de

l'espèce bovine aux caprins. Il existe une dizaine de maladies virales susceptibles d'être transmises des bovins aux caprins (Peste des petits ruminants, fièvre aphteuse, rhinotrachéite infectieuse bovine, maladie des muqueuses, leucose bovine, border disease, herpes viroses) et vice versa. Toutefois, Les animaux de la station de Toukounous ont seulement été vaccinés contre la pleuropneumonie contagieuse bovine et le charbon bactérien.

PREMIÈRE-PARTIE: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: PRESENTATION DU NIGER ET QUELQUES CARACTERISTIQUES DES ANIMAUX DE L'ÉTUDE.

1. MILIEU PHYSIQUE

Le Niger, vaste territoire situé au cœur du Sahel, est un pays enclavé, dont le point le plus proche de la mer se trouve à 600 km de l'océan atlantique; il couvre une superficie de 1 267 000 km² et se situe entre 0°06' et 16° de longitude Est et 11°36' et 23°33' de latitude Nord (Ibrahima, 1986). Les trois quarts du pays sont arides, comportant le désert du Ténéré qui compte parmi les déserts les plus redoutables du monde. Ce pays de l'Afrique occidentale (Figure 1) partage plus de 5000 km de frontières avec l'Algérie et la Libye au nord, le Mali et le Burkina Faso à l'ouest, le Tchad à l'est, le Nigeria et le Bénin au sud (MELCD, 2001). Sa population était de 16 274 738 habitants en 2012 (INS, 2012).

Le climat est de type tropical aride, avec une pluviométrie moyenne annuelle qui croît, du nord au sud, de moins de 100 mm à 800 mm; on distingue deux types de climat chaud: un climat désertique sur la majeure partie de sa superficie et un climat tropical à une seule saison des pluies d'une durée de quatre mois selon le MELCD (2001). La figure 2 représente la carte des Zones Agro-Ecologiques du Niger.

2. RESSOURCES AGRO-PASTORALES

Le contexte socio-économique est caractérisé par la prépondérance du secteur primaire, dont la contribution au PIB est de l'ordre de 40%. L'agriculture et l'élevage sont les principales activités de production rurale (MELCD, 2007). L'aptitude agricole des sols et le niveau de maîtrise de l'eau déterminent les systèmes de culture au Niger. Deux grands systèmes de production existent: le système de production pluviale, réservé aux quatre principales cultures (mil, niébé, riz pluvial et sorgho), le système de production irrigué subdivisé en trois sous systèmes tels que le sous système irrigué riz sur les aménagements hydro agricoles (AHA), le sous système irrigué maraîchage consacré aux cultures maraîchères ou cultures de contre saison et le sous système irrigué arboriculture fruitière.

Concernant le volet élevage, les résultats officiels indiquaient un effectif global de 31 039 040 têtes (bovin, ovin, caprin, asin, camelin, équin) dont 20 394 141 (66%) de sédentaires, 5 657 247 (18%) de nomades et 4 987 652 (15,40%) de transhumants (mouvements saisonniers). L'effectif global des porcins toutes régions confondues est estimé à moins de 2000 têtes (MDA/MRA, 2007).

3. PRÉSENTATION DE LA ZONE DE L'ÉTUDE

3.1. Localisation

L'étude a été conduite au Centre Secondaire d'Élevage Caprin de Maradi (CSECM) du Niger. Le CSECM (Figure 3) créé en 1963, se trouve à 3,5 km à l'Est de la ville de Maradi et s'étend sur une superficie de 1850 hectares (ha). La température diurne ambiante moyenne annuelle est de 30°C avec un minimum de 18°C en décembre-janvier et un maximum de 40°C en avril-mai; et la pluviométrie moyenne annuelle se situe entre 600 et 700 mm. La ville de Maradi (Figure 4) est située à environ 600 km au Sud-est de Niamey entre le 13° et le 15° 26' de latitude Nord et le 6°16' et le 8°33' de longitude Est (Ali *et al.*, 2003). Selon Ali *et al.*, (2003), la population est caractérisée par une diversité ethnique dominée par des Haoussas qui majoritairement sont des agriculteurs et la plupart pratiquent du commerce, puis des Peuls, Touaregs, Djermas et étrangers. La commune de Maradi couvre une superficie de 89 km² et compte 369 366 habitants (RGP/H, 2001), avec un taux d'accroissement annuel de 8,6%.

3.2. Climat

Selon la direction régionale de la météorologie de Maradi, le climat est de type sahélien malgré sa position dans la partie sud du pays. Il est caractérisé par deux saisons:

- Une saison sèche de huit mois (d'octobre en mai) subdivisée en deux périodes: une période fraîche (octobre-février) et une période chaude (mars-avril) avec un vent sec.
- Une saison de pluies de mai à septembre avec une abondance des pluies et un développement de la végétation.

3.3. Hydraulique

La commune de Maradi est suffisamment dotée des potentiels hydriques (DRHE/M, 2011). Il y a les eaux de surface avec un cours d'eau semi-permanent, la mare de Goulbi Maradi qui offre des possibilités de cultures de contre saison. Ceci fait de Maradi une ville productrice des produits maraîchers qu'elle exporte jusqu'au Nigéria. Deux points d'eau semi-permanents à savoir le Goulbi de Soura et celui de Mailafia offrent également des possibilités de cultures maraîchères génératrices des revenus substantiels de ménages qui s'y intéressent (DRHE/M, 2011). Enfin, les eaux souterraines sont exploitées par la société d'exploitation des eaux du Niger (SEEN) pour alimenter la ville de Maradi.

3.4. Agriculture

Elle est très développée et constitue l'occupation principale des habitants de Maradi. Certes, des progrès ont eu lieu dans le secteur avec la modernisation des techniques (cultures attelées et utilisations d'engrais chimiques et organiques), mais la poussée démographique dont l'une des conséquences est une urbanisation sans cesse croissante, constitue un véritable frein au développement de l'agriculture à Maradi. En culture pluviale, Maradi est la meilleure région productrice du mil, maïs, sorgho. Maradi est le meilleur producteur d'arachide et de sésame au Niger (DRDA/M, 2011). Concernant les cultures de contre saison, la commune urbaine de Maradi dispose de 7 sites maraîchers totalisant une superficie de 1 567 ha (DRDA/M, 2011). Les principales cultures comprennent le manioc, la patate douce, la pomme de terre.

3.5. Élevage

L'élevage est une activité génératrice des revenus monétaires qui contribue énormément à l'économie de la région en général et celle de la commune urbaine de Maradi en particulier. Néanmoins, l'effet combiné des aléas climatiques et la forte urbanisation ont fait que seul l'élevage de proximité est pratiqué. L'aviculture occupe la première place et l'élevage des petits ruminants vient en deuxième position. En ce qui concerne les petits ruminants, Maradi se distingue par la chèvre rousse reconnue par ses qualités et performances, ce qui a conduit à la disparition des autres races caprines dans la ville Maradi (DRE/M, 2011). Les gros ruminants ne sont gardés que pour le lait destiné à la consommation de la famille et la traction (transport, culture attelée) avec les bœufs de trait. Le reste du troupeau de bovins est soit confié aux éleveurs qui sont dans la zone pastorale, soit aux sédentaires qui sont dans les environs de la ville de Maradi pour fertiliser les champs (DRE/M, 2011). Le tableau I présente l'évolution du cheptel de la région de Maradi de 2004 à 2008.

4. QUELQUES CARACTERISTIQUES DES ANIMAUX DE L'ÉTUDE

4.1. La race zébu Azawak

4.1.1. Origine et aire de dispersion

Le zébu Azawak tire son nom de son aire géographique d'expansion qui est constituée par une vaste dépression située entre le 3° et 7° de longitude Est, le 15° et 20° de latitude Nord rapporté par Couture (1948). C'est en effet dans cette zone, que les Touaregs appellent « Azawagh» prononcé «Azawak» que vit la majorité de ces animaux (Couture, 1948). Le zébu Azawak, dont les femelles sont connues au Sahel pour leur bonne aptitude laitière (Pagot, 1952), est originaire du Nord-Ouest du Niger (Joshi *et al.*, 1957). Il est disséminé aujourd'hui dans une grande partie du pays. Cette race s'est répandue

aussi dans les pays voisins, en particulier le Mali dans la région de Ménaka, au Burkina Faso et au Nord du Nigéria (Gouro et Yénikoye, 1991).

4.1.2. Caractéristiques raciales

Il s'agit d'animaux de taille moyenne (1,3 m au garrot), rectilignes, brévilignes, eumétriques (Boly *et al.*, 2000). Calmes et dociles, ils font d'excellents bœufs de travail. Le poids varie de 180 à 500 kg avec un poids moyen 300 kg. Les cornes sont courtes et elles sont implantées en croissant ou en lyre. La bosse est petite et dressée chez la femelle alors qu'elle est volumineuse chez le taureau. La robe est fauve ou brun acajou. Les muqueuses sont noires ainsi que les extrémités et les pourtours des yeux (photo 1).

4.1.3. Les performances zootechniques

La production en général, et celle du lait en particulier, varie en fonction de plusieurs facteurs dont la race, la saison, le numéro de lactation, les effets de la traite, l'état physiologique, l'état nutritionnel, le climat et le type d'élevage (Hama, 2005); selon Larbier et Leclercq (1992), l'alimentation est de loin le facteur le plus important. Parmi les races du cheptel Nigérien, le zébu Azawak tient une place de choix et est considéré à juste titre comme la «Jerseyaise» de l'Afrique occidentale (Seydou, 1981). La vache zébu Azawak peut produire en moyenne 6 à 8 litres par jour selon le rapport d'activité non publié de la station d'élevage de Kikissoye au Niger (SEK, 1993), avec une production maximale de 12 l/j (Seydou, 1981). Aussi, à la station de Loumbila au Burkina Faso, Boly *et al.* (2000) ont trouvé pour le zébu Azawak les valeurs les plus faibles pour la production laitière à la première mise-bas (2,9 l/j) et les plus élevées au 4^{ième} rang de lactation (4,9 l/j), alors que Soulard (1995) a obtenu une moyenne de 3,3 kg/j. La bonne production laitière de la race permet une disponibilité en colostrum à la station de Toukounous. C'est l'une des raisons de notre choix du lieu et de la race pour l'approvisionnement dans le cadre de nos essais.

Le rendement à l'abattage de l'Azawak va de 50 à 60 pour cent du poids vif (Oumarou, 2004). Soulard (1995) a, quant à lui, trouvé des valeurs comprises entre 48 et 52%. Sa viande présente des caractères organoleptiques qui la placent au premier rang des zébus sahéliens (Oumarou, 2004). Cependant, il s'agit d'un animal peu précoce selon Oumarou (2004). Le tableau II présente les aptitudes laitières et bouchères du zébu Azawak comparées à d'autres bovins nigériens.

4.1.4. Les paramètres de reproduction

Certains paramètres de reproduction peuvent influencer les performances de production laitière. Il s'agit du taux de fécondité (TF), de l'âge à la première mise bas (APMB), l'intervalle vêlage-vêlage (IVV), la durée de gestation (DG), la durée de la lactation (DL). Le tableau III résume quelques données de la littérature relatives aux paramètres de reproduction du zébu Azawak.

4.2. La chèvre rousse de Maradi

Tout comme le zébu Azawak, la chèvre rousse de Maradi est connue pour ses bonnes performances zootechniques telles que la prolificité et la production de viande (Naba, 2001 ; Oumarou, 2004). Elle joue un rôle socio-économique très important dans la région de Maradi. Sa production laitière est cependant mal connue. Oumara (1986) a rapporté une valeur de 0,75 kg/j.

4.2.1. Origine et aire de dispersion

L'aire de dispersion au Niger de la chèvre rousse de Maradi (CRM) s'étend sur la bande sud mais les avis divergent sur son origine exacte. Robinet (1967) la considère comme une variété fixée. Elle possède des traits généraux de la race Guinéenne du Fouta-Djalon mais se distingue nettement de celle-ci par son poids et sa taille. Selon Wilson (1988), la CRM appartient au groupe de chèvre de savane mais sa prolificité et sa taille relativement petite pourraient indiquer un croisement avec des chèvres de forêt ou des chèvres naines avant sa sélection dans son actuelle aire de dispersion.

La CRM est élevée par les agro-pasteurs; cette race est inadaptée aux déplacements saisonniers, elle pâture aux abords des villages, ce qui fait d'elle une race sédentaire. Elle occupe la région à cheval entre les zones soudanienne et sahélienne. Meyer (2012) a indiqué que son berceau original se trouvait entre les villes de Maradi et Tessaoua au Niger et les villes de Sokoto et Kano au Nigeria. De nos jours, on rencontre la CRM dans toutes les régions du Niger et même à l'extérieur notamment au Burkina Faso et en Mauritanie.

4.2.2. Caractéristiques raciales

Selon Roth (1938), c'est à tort qu'on qualifie la chèvre de Maradi de rousse (photo 2). La robe est de coloration châtain clair uniforme à poils resserrés, brillant à reflet acajou (Charray *et al.*, 1980). C'est ce phénotype qui a été retenu par le centre d'élevage caprin de Maradi dans le cadre de ses sélections et diffusions. Dans la région de Sokoto, la robe est en général d'un roux profond (Wilson, 1988) avec une ligne supérieure du corps de la tête à la queue marquée par une raie noire. Le front, la queue les extrémités des membres sont également foncées. Les avis restent partagés sur les causes de ces

nuances de la robe. Certains avancent des gènes dans la synthèse des pigments. D'autres y voient le résultat de l'interaction des genres et du milieu (Poudelet, 1976).

Dans un environnement sec, le poil s'allonge, prend une teinte claire délavée. En milieu humide par contre la robe a tendance à devenir plus sombre. A titre d'anecdote, en 1938, Roth donnait de la chèvre rousse de l'époque une description imagée, en ces termes: équilibre, finesse, harmonie de forme et de couleur. Elle est médioligne, eumétrique et est de taille moyenne ou petite (0,55-0,65 m); la tête est fine, le front est proéminent avec un profil assez court et droit, légèrement concave. Les muqueuses sont noires. Avec le métissage, des changements ont été observés au niveau de la robe. Mais au centre caprin de Maradi, la robe ne semble pas avoir connu de changement.

L'encolure est courte, grêle et mobile. La poitrine est ample, les côtes et la croupe sont rondes. Le dos est rectiligne, l'épaule et les membres sont musculeux. La mamelle est bien développée ce qui constitue un obstacle aux longues marches et fait de la chèvre rousse un animal plutôt sédentaire (Roth, 1938). Les cornes sont plus lourdes chez le mâle qui porte généralement une barbe de poils plus longue, plus touffue et plus foncée que la femelle. Le bouc adulte porte une crinière qui s'étend jusqu'aux épaules. Le regard est imposant, presque menaçant. L'odeur est forte et typique (Roth, 1938).

4.2.3. Les performances zootechniques

Les aptitudes laitières de la CRM sont bien connues des éleveurs et dans le village où la vache fait défaut, la chèvre rousse de Maradi prend la relève. La durée de lactation est de 3 à 4 mois après la mise bas selon les conditions d'élevage et la production laitière annuelle est de 150 kg en 200 jours correspondant à deux lactations (Oumara, 1986).

Le rendement à l'abattage (poids carcasse en kg sur le poids vif) varie de 50 à 55% pour le sujet castré rapporté par Naba (2001). La viande caprine notamment celle de la CRM, constitue la base de l'alimentation pour les populations de la région de Maradi et ses environs.

4.2.4. Les paramètres de reproduction

Chez la CRM, les naissances gémellaires commencent à partir du 2^{ième} rang de lactation et se poursuivent jusqu'à l'âge de 5 à 6 ans. Les triplets et quadruplets ne sont pas exceptionnels (Roth, 1938 ; Zakara, 1985). Il y aurait possibilité de portée allant jusqu'à six selon les informations que nous avons reçues auprès des bergers ayant plus de 30 ans de fonction dans cette station. Le tableau IV présente quelques paramètres zootechniques et de reproduction chez la CRM.

5. REFERENCES

- ACHARD F., CHANONO M. Mortalité et performances de reproduction chez le zébu Azawak à la station de Toukounous-Niger (1986-1992). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1995, **50**, 325-333.
- ALI L., VAN DEN BOSSCHE P., THYS E. Enjeux et contraintes de l'élevage urbain et périurbain des petits ruminants à Maradi au Niger: quel avenir? *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2003, **56**, 73-82.
- BOLY H., SOME S.S., KABRE A., MUSABYIMANA J., SAWADOGO L., LEROY P. Reproduction et croissance du zébu Azawak en zone soudano-sahélienne. *Ann. Univ. Ouagadougou*, 2000, **8**, 93.
- CHARRAY J., COULOMB J., HAUMESSER J.B., PLANCHENAU D., PUGLIESE P L. Synthèse des connaissances sur l'élevage des petits ruminants dans les pays tropicaux d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest. Rapport, FAC, Paris, France, 1980, 121p.
- COUTURE A. Contribution à l'ethnologie du zébu dit de «l'Azawak » *Bull. Service. Elev. Méd. Vét. AOF*, 1948, **1**, 42-49.
- GOMMA A.D., RUPPOL P. Étude sur la production des ruminants en milieu urbain et périurbain de Niamey, Niger: Rapport d'activité décembre 2000, Niamey: Projet AD-VSF-FP1., 2000, 77p.
- GOURO S.A., YENIKOYE A. Etude préliminaire sur le comportement d'œstrus et la progestéronémie de la femelle zébu (*Bos indicus*) Azawak au Niger. *Rév. Elev. Vét. Pays Trop.*, 1991, **1**, 100-103.
- HAMA B. Influence de la saison de saillie sur les performances de reproduction et de production laitière du Zébu Azawak au Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 2005, 85p.
- HASSANE M., DOKA M., BAWA O.M. Étude sur les pratiques de l'islam au Niger (Rapport provisoire), 2006, 78p.
- IBRAHIMA M.S.Z. L'Élevage des bovins, ovins, caprins au Niger: Étude Ethnologique (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de science et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 1986, 111p.
- IMBERT A.M.T. Les immunoglobulines colostrales bovines: étude comparée de trois méthodes de dosages à partir de données expérimentales et influence de différents facteurs sur la

- concentration (Thèse de doctorat vétérinaire). École Nationale Vétérinaire d'Alfort: Alfort, 2005, 95p.
- INS (Institut National de la Statistique). Enquête sur la sécurité alimentaire des ménages au Niger. Résumé exécutif, Février 2011, 11p.
- JOSH N.R., McLAUGHLIN E.A., PHILLIPS R.W. Les bovins d'Afrique, types et races. FAO, Rome, Italie, 1957, 317 p.
- LARBIER M., LECLERCQ B. Nutrition et alimentation des volailles. Institut National de la Recherche Agronomique: Paris France, 1992, 355p.
- MEYER C., ed. sc., 2012, Dictionnaire des Sciences Animales. [On line]. Montpellier, France, Cirad. [20/11/2012]. URL: <http://dico-sciences-animales.cirad.fr/>.
- Ministère du Développement Agricole et Ministère des Ressources Animales (MDA/MRA). Recensement Général de l'Agriculture et du cheptel au Niger de 2004 à 2007, 2007, 58p.
- Ministère de l'Élevage et des Industries Animales du Niger (MEIA). Forum National sur la santé animale du 04 au 06 Novembre 2008: Document introductif, 2008, 54p.
- Ministère de l'environnement et de la lutte contre la désertification. Communication du Ministre de l'Environnement et de la lutte contre la désertification aux journées de réflexion de Tahoua sur le Bilan des actions de développement rural. Niamey: MELCD, 2007, 25p.
- Ministère de l'environnement et de la lutte contre la désertification. Rapport conjoint OSS, CNEDD et Ce.S.I.A. Exploitations et état des ressources naturelles au Niger, Niamey: MELCD, 2001, 54p.
- NABA A.M. Contribution à l'évaluation technique du projet d'appui à la sélection, la promotion et la diffusion de la chèvre rousse de Maradi-Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar: Dakar, 2001, 83p.
- OUMAROU A. Production laitière et croissance du zébu Azawak en milieu réel: suivi et évaluation technique à mis parcours du projet d'appui à l'élevage des bovins de races Azawak en zone agropastorale au Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 2004, 82p.
- OUMARA A.D. Croissance et viabilité de la chèvre rousse de Maradi au centre d'élevage caprin de Maradi (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 1986, 122p.

- PAGOT J. Production laitière en zone tropicale. Faits d'expérience en AOF. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1952, **5**, 173-190.
- RHISSA Z. Revue du secteur de l'élevage au Niger (Rapport provisoire réalisé par : FAO/SFW). 2010, 115p.
- POUDELET E. Contribution à l'étude de la chèvre rousse (Thèse de doctorat vétérinaire). École nationale vétérinaire d'Alfort: Alfort, 1976, 101p.
- ROBINET A.H. La chèvre rousse de Maradi. Son exploitation et sa place dans l'économie de l'élevage de la République du Niger. *Rév. Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1967, **20**, 129-186.
- ROTH M. La petite chèvre rousse du Niger. *Bull. SerY. Zootechn. Epizoot. Afr. Occid. Fr.*, 1938, **1**, 13-19.
- RAWAL P., GUPTA V., THAPA B.R. Role of Colostrum in Gastrointestinal Infection. *Indian. J. Pediatr.*, 2008, **75**, 917.
- SEYDOU B. Contribution à l'étude de la production laitière du zébu Azawak au Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 1981, 102p.
- SOULARD F. L'élevage laitier au Niger: étude technico-économique de deux systèmes d'élevage amélioré (Mémoire de fin d'étude). Université Abdou Moumouni (Niamey, NER) ; ISTOM (Cergy Pontoise, FRA): Montpellier, 1995, 135p.
- VOISIN E.F. Estimation de la qualité immune du colostrum de truie en élevage (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Nationale vétérinaire de Toulouse: Toulouse, 2005, 56p.
- WILSON R.T. La production animale au Mali central: études à long terme sur les bovins et les petits ruminants dans le système agro-pastoral. Addis-Ababa, Ethiopia, ILCA (Research report No. 14), 1988, 115p.
- ZAKARA O. Les petits ruminants en République du Niger. In: Wilson R.T., Bourzat D. (Eds), Small ruminants in African Agriculture, Proc. Conf. at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 30 September-4 October 1985. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 1985, 236-242.

Liste des documents non publiés:

Communauté urbaine de Maradi (Niger). Archives, 2012.

Direction Régionale du Développement Agricole (DRA) de Maradi (Niger). Archives, 2011.

Direction Régionale de l'Élevage (DRE) de Maradi (Niger). Archives, 2011.

Direction Régionale de l'Environnement et de l'hydraulique (DREH) de Maradi (Niger). Archives, 2011.

Direction de la Statistique (DS) du Ministère de l'Élevage et des Industries Animales (Niger). Rapport d'activités annuelles, 2006.

Recensement général de la population et de l'habitat (Niger), 2001.

Station d'élevage de Kikissoye (SEK) de Niamey (Niger). Rapport d'activités annuelles. Niamey, 1993.

Secrétariat Exécutif de la Stratégie de réduction de la pauvreté. Rapport d'activités annuelles. Niamey (Niger), 1993.

Tableau I: Evolution du cheptel de la région de Maradi de 2004 à 2008¹.

Année	Bovin	Ovin	Caprin ¹	Camelin	Asin	Equin
2004	503 582	674 293	1 056 459	29 889	65 487	28 025
2005	405 886	472 005	739 522	30 337	66 798	28 305
2006	410 923	486 165	758 010	30 792	68 134	28 588
2007	1 132 896	1 520 745	1 989 890	24 984	182 508	16 366
2008	1 349 291	1 686 078	3 238 356	260 279	193 679	16 862

Source: (DRRA/M, 2008)

DRRA/M: Direction Régionale des Ressources Animales de Maradi

¹ Les fortes croissances d'effectif certaines années doivent être prises avec précautions. Elles proviennent vraisemblablement d'incertitudes de recensement.

² Ces chiffres concernent toutes les races caprines de la région de Maradi. La chèvre rousse représenterait jusqu'à 60% des races caprines de la région.

Tableau II: Aptitudes bouchère et laitière du zébu Azawak et des autres bovins nigériens

Races bovines		Azawak	Bororo	Djéli	Goudali	Kouri
	Aptitude	B	Mo	B	B	TB
Viande	Qualité	B	F	B	B	P
	Rendement (%)	48-52	40-50	50	50	50
	Aptitude	TB	Ma	Mo	TB	B
Lait	Production laitière (kg/lactation)	800-1100	180-300	400-450	1000-1100	600-700
	Durée de lactation (j)	270-300	180-200	160-200	230	200-250
Travail		B	Mo	Mo	B	Ma

Source: (Soulard, 1995)

B: Bonne

F: Fibreuse

Ma: Mauvaise

Mo: Moyenne

P: Persillée

TB: Très bonne

Tableau III: Quelques paramètres de reproduction chez la vache zébu Azawak

Localité	APMB (mois)	IVV (mois)	DL (jours)	TF (%)	DG (jours)	Références
SEK (Niger)	21,0-27,0	12 -14	228,0	85,0	-	(SEK, 1993)
SSET (Niger)	36,5 ± 4,1	14,0	-	78,0	-	(Achard et Chanono, 1995)
SL (Burkina Faso)	-	-	158,0 ± 65,0	88,7	-	(Boly <i>et al.</i> , 2000)
SSET (Niger)	-	-	297,2 ± 14,4	-	282,4 ± 0,8	(Hama, 2005)
CLK (Niger)	40,0	12,0-15,0	-	76,21	290,0	(Soulard, 1995)

CLK: Coopérative laitière de Kikissoye

DL: Durée de la gestation

DL: Durée de la lactation

IVV: Intervalle vêlage-vêlage

SEK: Station d'élevage de Kikissoye

SL: Station de Lumbila

SSET: Station sahélien expérimental de Toukounous

TF: Taux de fécondité

Tableau IV: Quelques paramètres zootechniques chez la chèvre rousse à la Station de Maradi.

Paramètres zootechniques	
Poids à la naissance (kg)	2,0
Poids à 3 mois (kg)	8,1
Poids à 5 mois (kg)	12,1
Âge à la puberté (mois)	5 à 6
Durée de la gestation (jours)	145 à 155
Durée des chaleurs (jours)	15 à 30
Portée unique (%)	60
Portée double (%)	36
Portée triple (%)	4
Portée quadruple (%)	Possibilité
Taux de fertilité (%)	95,5 à 98,7
Taux de fécondité (%)	122,2
IG (mois)	Min (5 à 6) et Max (11)

Source: (Zakara, 1985).

IG: Intervalle entre Gestation

Min: minimum

Max: maximum

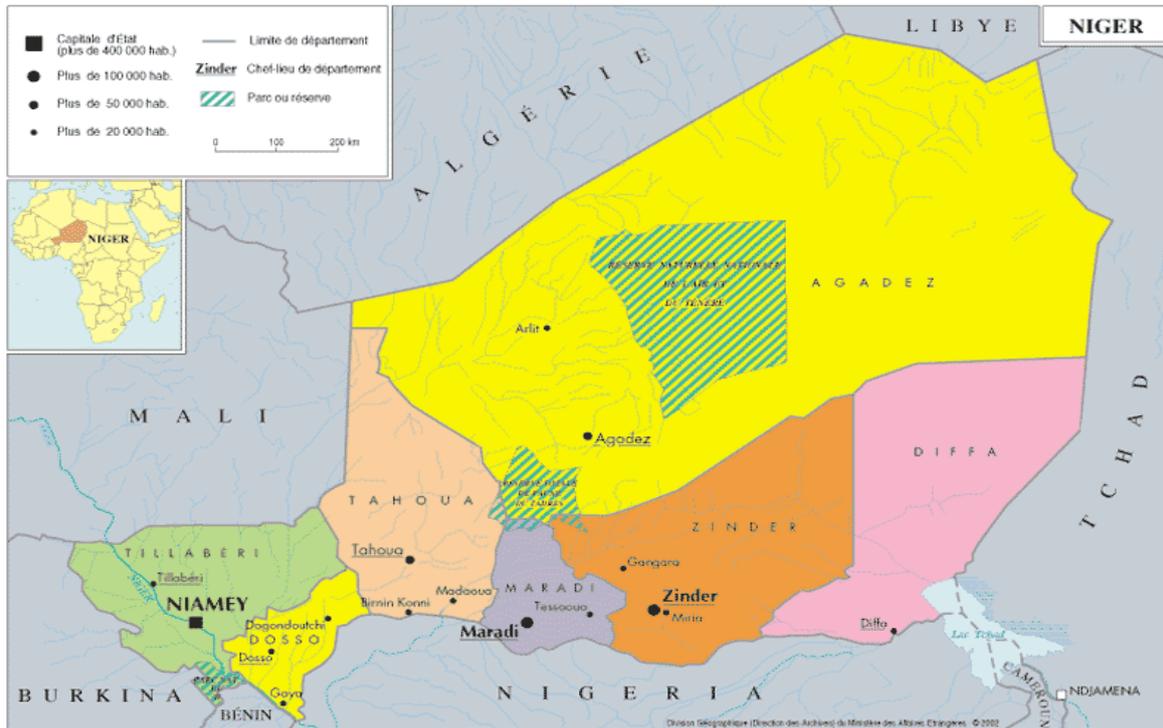


Figure 1: Carte de la République du Niger ([http:// fr.wikipedia.org/wiki/Niger](http://fr.wikipedia.org/wiki/Niger)).

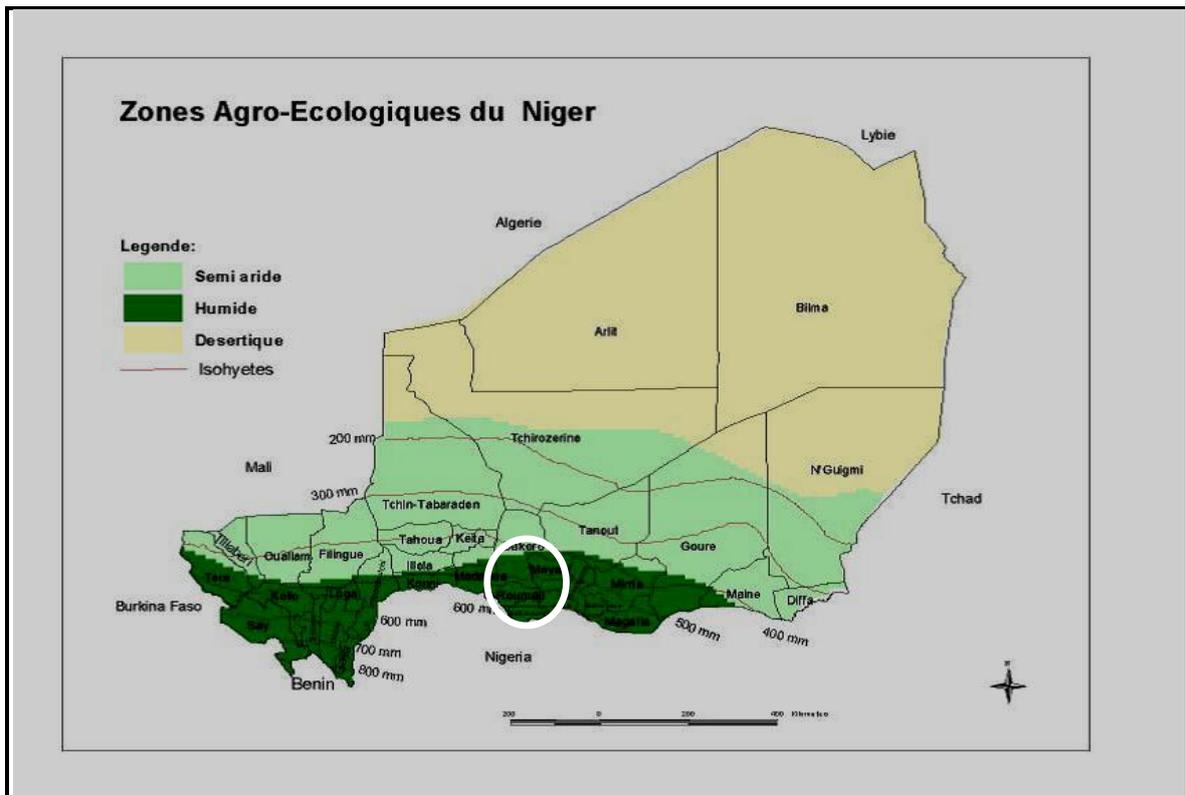


Figure 2: Zones climatiques rencontrées au Niger rapportées par Gomma et Ruppel (2000). Maradi est entourée d'un cercle blanc.

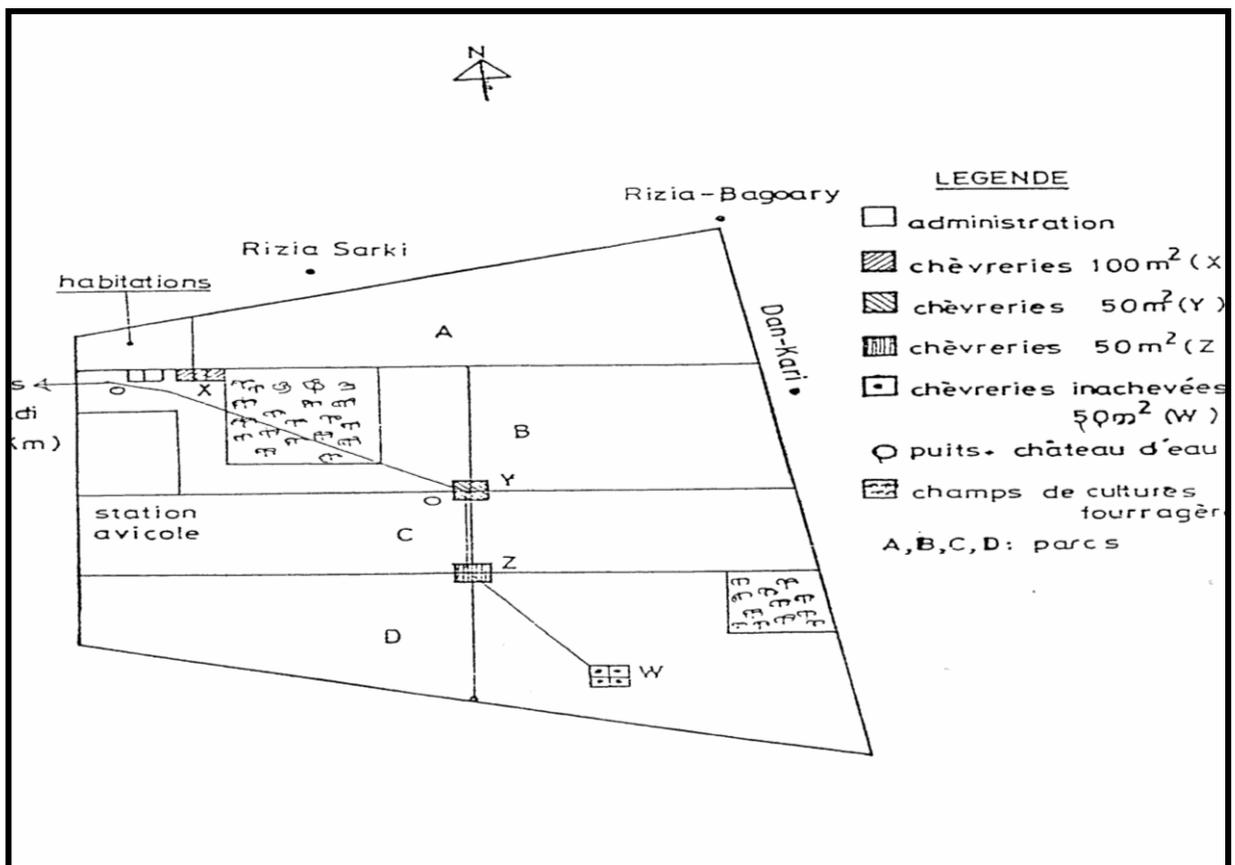


Figure 3: Carte du CSECM rapportée par Naba (2001).

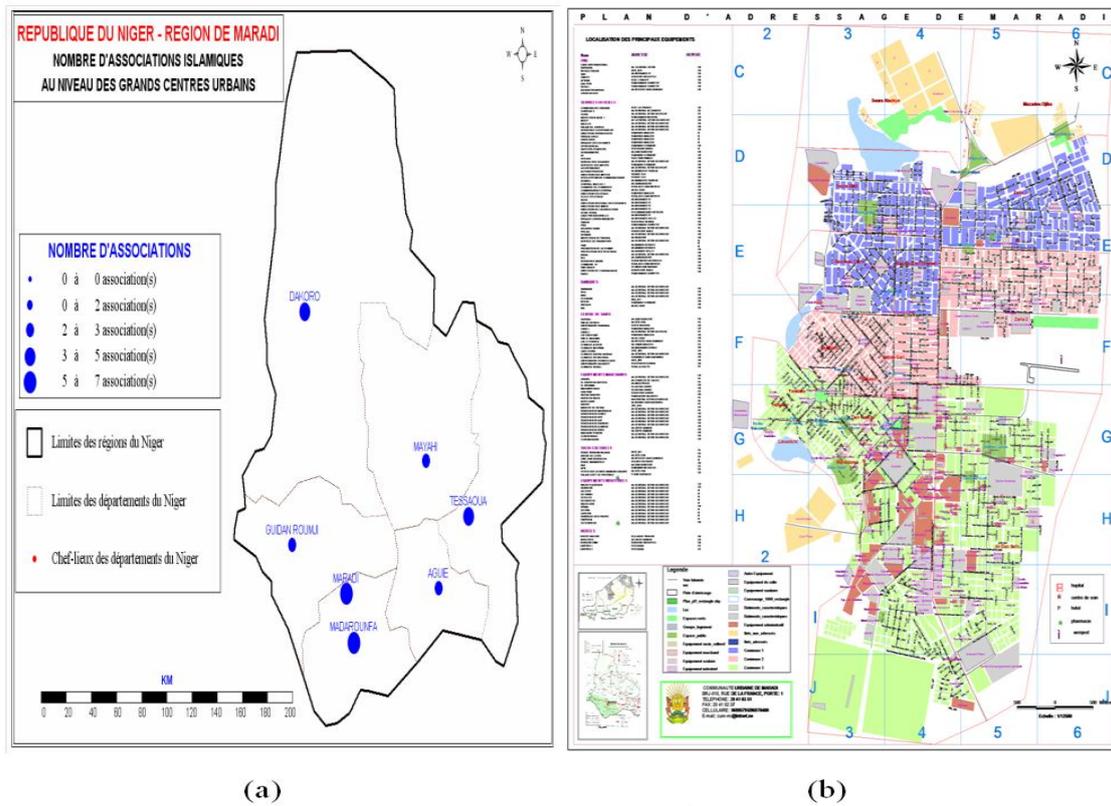


Figure 4: Carte de la région (a) rapportée par Hassane *et al.* (2006) et celle de la ville (b) de Maradi (CUM, 2012).



Photo 1: Vache (à gauche) et Taureau (à droite) de race Azawak.



(a)



(b)

P
h
o
t
o
:
H
a
r
o
u
n
a

Photo 2: Femelle (a) et mâle (b) de la race caprine (chèvre rousse de Maradi).

D'après un article publié dans Annales de Médecine Vétérinaire (Abdou et al., Ann. Méd. Vét., 2012, 156, 87-98).

Chapitre II: Physiologie de la production et composition chimique du colostrum des grands mammifères domestiques.

Résumé:

Chez la plupart des espèces de mammifères, l'ingestion de colostrum est indispensable à la survie du nouveau-né. L'objectif principal du présent travail est de faire une synthèse des données d'études portant sur le colostrum, en particulier sur la physiologie de sa production et sa composition chimique. La séquence des événements qui aboutissent à la production du colostrum est identique chez toutes les espèces. Toutefois, la durée de ces phases varie. Le colostrum est riche en immunoglobulines (principalement IgG, IgA, IgM, et accessoirement IgE et IgD), en éléments nutritifs (protéines, lipides, lactose, matières minérales), en hormones et facteurs de croissance (prolactine, insuline, œstrogènes, IgF), en cellules immunitaires (leucocytes, cellules épithéliales), en pro-vitamines (β -carotène, vitamine E), et enfin en enzymes telles que la lactoperoxydase et la phosphatase alcaline. Sa composition est sous la dépendance de facteurs que l'on peut regrouper en intrinsèques, liés à l'animal, et extrinsèques ou environnementaux. Le colostrum renferme tous les éléments nécessaires permettant non seulement une protection contre les agressions d'agents pathogènes mais également une croissance rapide des jeunes animaux.

Mots clés: Colostrum, physiologie, composition, variation.

Physiology of the production and chemical composition of colostrum of domestic mammals.

Abstract:

In most mammals, the ingestion on colostrum is essential to the survival of the newborn. The main objective of this work is to synthesize data from studies on colostrum, especially on the physiology of its production and its chemical composition. The sequence of events leading to the production of colostrum is identical in all species. However, the duration of these phases varies. Colostrum is rich in immunoglobulins (IgG, IgA, IgM, IgE and IgD), nutrients (proteins, lipids, lactose, minerals), hormones and growth factors (prolactin, insulin, estrogens, IgF), immune cells (leukocytes cells, epithelial cells), (pro-)vitamins (β -carotene, vitamin E) and finally in enzymes such as lactoperoxidase and alkaline phosphatase. Its composition is dependent on many factors that can be divided into intrinsic ones, related to the animal, and extrinsic or environmental ones. Colostrum contains all the elements necessary to not only protection against attacks of pathogens but also to rapid growth of young animals.

Key-words: Colostrum, physiology, composition, variation.

1. INTRODUCTION

À la naissance, la survie des mammifères est conditionnée par l'ingestion du colostrum maternel (Allemand, 2008). Boudry *et al.* (2008) ont rapporté que celui-ci apporte les nutriments et les anticorps nécessaires à une protection transitoire contre les agressions extérieures physiques et biologiques ainsi que des effecteurs physiologiques tels que des facteurs de croissance et des hormones.

Le colostrum est le lait de première traite (Allemand, 2008). Il s'en distingue non seulement du point de vue physique – il est jaunâtre, plus dense, plus épais et plus visqueux que le lait (Serieys, 1993), mais également par ses caractéristiques chimiques (Ahmad *et al.*, 2000). Son aspect physico-chimique diffère également selon les espèces. Par exemple, le colostrum de la brebis est plus visqueux que celui de la vache (Abdou, 2010).

La progression de l'état du colostrum vers celui du lait s'effectue en fonction du temps. Les avis divergent cependant sur la durée du passage du premier au second. Selon plusieurs auteurs, il peut être extrait pendant les 12 à 48 heures après le part par la tétée du nouveau-né ou par traites (Foley et Otterby, 1978 ; Larson *et al.*, 1980 ; Devillers *et al.*, 2006 ; Maillard, 2006). Mais Gartioux (2003) définit le colostrum comme étant le produit de la traite des six premiers jours suivant le part. Pour d'autres auteurs (Serieys, 1993 ; Scammell, 2001 ; Marzo, 2007 ; Tsloulpas *et al.*, 2007 ; Eyma, 2008 ; Kirschvink, 2008), le colostrum est sécrété durant l'intervalle compris entre 3 voire 4 jours après la mise bas. Levieux (1999), quant à lui, indique qu'au troisième jour de lactation le lait contient encore 5 à 10% de colostrum et 1 à 2% au septième jour.

Chez les ruminants, la littérature rapporte une grande variabilité et une rapide évolution de la composition du colostrum au cours du temps, ainsi que des différences importantes entre espèces (Hadjipanayiotou, 1995).

La présente synthèse vise à faire le point sur les données de la littérature relatives au colostrum des mammifères domestiques en général et des ruminants domestiques en particulier, en tant que promoteur de croissance chez les jeunes animaux à la naissance et au sevrage. Le travail décrit d'abord le mécanisme de sécrétion du colostrum et son contrôle hormonal, puis traite de sa composition chimique, de son importance pour le nouveau-né et des rôles de ses différents composants. Finalement, cet article évoque les principaux facteurs de variation de la composition du colostrum.

2. MECANISMES DE SECRETION DU COLOSTRUM ET SON CONTRÔLE HORMONAL

La lactation est une fonction propre à la classe des mammifères, destinée à alimenter le nouveau-né jusqu'à son indépendance physiologique au sevrage. Elle est apparentée également au stade physiologique d'une femelle, qui s'étend du part au tarissement. Toutefois, les physiologistes

indiquent qu'elle commence à partir du stade fœtal de la gestation par le développement chez la mère des glandes mammaires (Hartmaan et Holmes, 1989 ; Massoni, 2003). La sécrétion du colostrum et du lait par les mamelles est un état physiologique qui peut se superposer à une activité ovarienne normale, à une gestation ou à un état *post-partum* des mammifères (Lagrande *et al.*, 1993) et s'inscrit dans les phases de la physiologie mammaire.

La physiologie du développement et de la production mammaire comprend trois phases importantes, à savoir la mammogénèse qui correspond à la période du développement des tissus sécrétoires, adipeux et conjonctifs (Massoni, 2003), puis la lactogénèse communément appelée montée laiteuse et, enfin, la galactopoïèse qui correspond à l'entretien de la sécrétion du lait tout au long de l'allaitement. La mammogénèse est déjà initiée avant la naissance. Ensuite elle progresse considérablement au moment de la puberté pour se terminer pendant la gestation. En règle générale, le contrôle hormonal du développement mammaire repose essentiellement sur l'activité de trois glandes endocrines: l'hypophyse, l'ovaire et le placenta.

La lactogénèse débute par la production du colostrum. L'essentiel du colostrum est synthétisé au cours de 2 voire 4 dernières semaines avant la mise-bas (Kensinger *et al.*, 1986). Mais la synthèse colostrale est sous l'influence et le contrôle d'événements hormonaux qui surviennent lors de la gestation, de la mise-bas et de la lactation (Nielsen *et al.*, 2001; Devillers *et al.*, 2006). La figure 1 décrit le processus qui aboutit à la sécrétion du colostrum puis du lait.

2.1. La mammogénèse

La mammogénèse est la plus longue des périodes du développement et de la production mammaire et en constitue l'étape cruciale. Elle a lieu au cours de trois périodes essentielles que sont le développement fœtal, la puberté et la gestation.

Chez le fœtus femelle, les premières ébauches de glandes mammaires commencent à apparaître le long de deux lignes qui vont du creux axillaire à la région inguinale (Lagrande *et al.*, 1993). Chez les ruminants domestiques, la glande mammaire subit de la naissance jusqu'à 3 mois une croissance relativement lente qui suit celle du corps (croissance isométrique). Elle devient ensuite plus rapide que celle du corps (croissance allométrique) pendant la période prépubertaire (Sinha et Tucker, 1969 ; Tucker, 1981 ; Akers, 1990 ; Ellis *et al.*, 1995). Dès la puberté, la croissance de la glande mammaire s'accélère considérablement, sous l'influence des hormones sécrétées par l'ovaire (Tucker, 2000) et les conduits lactifères commencent à se développer. Mais c'est surtout au cours de la gestation et principalement à la fin de celle-ci que se réalise leur développement (Peaker *et al.*, 1979 ; Akers, 1990), le tissu sécrétoire devenant alors pleinement opérationnel. Cette durée de maturation varie en

fonction de la race, et des facteurs environnementaux tels que l'alimentation ou le climat (Veissier *et al.*, 1999).

Chez la mère, au cours de la mammogénèse, les canaux se multiplient et se développent principalement sous l'influence de l'œstradiol (E2) en synergie avec l'hormone de croissance (Growth Hormone ou GH) maternelle, mais surtout l'hormone placentaire somatotrope (Chorionic Somatotropin ou CS, appelée aussi Placental Lactogen ou PL) ainsi que des glucocorticoïdes (Tucker, 2000). Les alvéoles et lobules se différencient sous l'effet conjugué de la prolactine (PRL), du PL, de l'E2, de la progestérone (P4) et de la GH (Tucker, 1981). La contraction des acini est régie quant à elle par l'ocytocine.

Chez des cochettes ovariectomisées, la progestérone stimule, en association avec l'œstradiol, la croissance du parenchyme et des lobules mammaires (Hurley *et al.*, 1991 ; Winn *et al.*, 1994 ; Zaleski *et al.*, 1996). L'un des rôles spectaculaires des œstrogènes et de la progestérone est d'ailleurs leur capacité à induire une lactation chez les ruminants sans nécessité de gestation préalable et à condition d'injecter simultanément des corticoïdes (Heald, 1974).

La PRL et les glucocorticoïdes interviennent aussi dans la régulation de la mammogénèse. Ces deux hormones ont chacune une action stimulatrice à ce niveau (Farmer *et al.*, 2000 ; Delouis *et al.*, 2001). Chez des nombreuses espèces, parmi lesquelles la brebis, la chèvre et la vache, le PL a une action sur la croissance de la glande mammaire (Zarrouk *et al.*, 2001). Par ailleurs, il semble qu'une relation existe entre le nombre de fœtus, le taux du PL circulant et le degré de développement de la glande mammaire (Forsyth, 1986).

A ces équilibres hormonaux spécifiques de la gestation, s'ajoutent des hormones courantes du métabolisme général (Erb, 1977). En effet, si ce sont effectivement les œstrogènes et la progestérone qui déclenchent la croissance des alvéoles, ces hormones ne sont pas responsables seules directement des multiplications cellulaires (Weber *et al.*, 1998 ; Weber *et al.*, 2000 ; Holland et Holland, 2005). Elles agissent en synergie avec différentes hormones (Figure 2) telles que l'insuline, la prolactine, les glucocorticoïdes, le facteur de croissance de l'épiderme (EGF) et ont pour rôle de sensibiliser le tissu mammaire aux actions des divers agents responsables de la multiplication cellulaire parmi lesquels figurent les hormones évoquées ci-dessus (Forsyth, 1986).

La mammogénèse dépend de nombreux facteurs, en premier lieu, l'espèce. La mammogénèse fait suite à une division cellulaire qui a lieu pendant la gestation et qui dote la mamelle d'une population de cellule mammaire à fort index mitotique, et en croissance exponentielle durant cette période. Le phénomène inverse, apoptotique, a lieu après le pic de lactation (Tucker, 1981; Tucker, 2000; Devillers *et al.*, 2006). La division cellulaire est sous la dépendance de facteurs endocriniens (stéroïdes sexuels, cortisol, prolactine, hormone de croissance, facteurs de croissance) et nutritionnels, le premier

étant certainement, au moins partiellement, influencé par le second. L'environnement joue donc certainement un grand rôle dans le futur potentiel sécrétoire de la mamelle de la gestante. Il se justifierait donc d'améliorer les conditions environnementales afin d'améliorer la survie des chevreaux.

2.2. La lactogenèse

La lactogenèse correspond à la phase décisive de la production du colostrum (Kensinger *et al.*, 1986). Si la montée laiteuse proprement dite se déclenche juste après le part, des études ont cependant permis de montrer que la lactogenèse comprend deux étapes. La première est caractérisée par une différenciation des cellules alvéolaires (Delouis *et al.*, 1980 ; Fleming *et al.*, 1986) et l'installation du métabolisme mammaire en fin de gestation, avec une activité sécrétrice des cellules épithéliales mammaires et une accumulation progressive dans la lumière des alvéoles des précurseurs du colostrum tels que les protéines, les gouttelettes lipidiques, les électrolytes (Na, K, Cl). La seconde partie, ou lactogenèse II, est l'étape au cours de laquelle les cellules épithéliales mammaires sécrètent abondamment du colostrum (Delouis *et al.*, 1980 ; Fleming *et al.*, 1986 ; Hartmann et Holmes, 1989), puis du lait.

Dans les dernières 48 heures avant la mise-bas (Ousey *et al.*, 1987 ; Haluska et Curriie, 1988 ; Rossdale *et al.*, 1992) on observe une diminution progressive des taux plasmatiques de progestérone (7 à 8 ng/ml) et une forte augmentation de la concentration en œstradiol (5 ng/ml) chez la vache (Derivaux *et al.*, 1976). La baisse du taux de progestérone après l'expulsion du fœtus et de ses enveloppes favorise la libération de la PRL, hormone co-responsable de la lactation au sein d'un complexe moléculaire appelé "facteur galactogène" (Tucker, 2000). L'axe hypothalamo-hypophysaire joue un rôle important à ce niveau (Denamur et Delouis, 1972 ; Denamur et Kann, 1973) dans la mesure où il assure une sécrétion permanente de la PRL, principale hormone de la mise en place de la lactation (Farmer *et al.*, 2000).

Autour de la mise-bas, on observe également une libération de relaxine sécrétée notamment par le corps jaune chez les mammifères (Nicolas et Hubert, 2002). La relaxine est une hormone dont la source diffère selon les espèces. Chez les ruminants domestiques (vache, brebis, chèvre) et la truie, cette hormone est produite par le corps jaune tandis que chez la jument, elle provient du placenta (Johnson et Everitt, 2001). Elle inhibe la sécrétion de l'ocytocine chez certaines espèces, et l'antagonise (Sherwood, 2004). Devillers et collaborateurs (2006) ont rapporté que la relaxine n'a pas d'effet sur l'initiation de la lactation chez la truie en raison de la concentration basale très élevée de l'ocytocine au moment de la mise bas, aboutissant à une éjection quasi-permanente de colostrum. A noter que chez des nombreuses espèces de mammifères, la relaxine joue un rôle dans la plasticité des

organes génitaux particulièrement au moment de la mise bas, en provoquant l'élongation des ligaments pelviens et le relâchement du col de l'utérus (Sherwood, 1994).

L'ocytocine fait partie aussi du cocktail des hormones dont dépend la fonction mammaire. Cette hormone stimule les contractions des muscles lisses, notamment des cellules myoépithéliales de l'utérus et celles qui entourent l'acinus et induisent l'éjection du lait (Senger, 2003). Elle est libérée par la neurohypophyse en réponse à un stimulus mécanique comme la dilatation du col utérin ou la tétée. On observe dans les heures qui précèdent la parturition un pic de cette hormone (Castrén *et al.*, 1993). Des études réalisées chez la brebis ont montré également que la stimulation du tractus génital au moment du part entraîne une libération d'ocytocine dans le sang périphérique et dans le cerveau chez ce mammifère (Kendrick *et al.*, 1988). Cette stimulation semble jouer un rôle facilitateur dans l'apparition du comportement maternel au moment du part (Kendrick *et al.*, 1988). Chez les mammifères en général, l'ocytocine stimule non seulement les contractions utérines, mais également celles des cellules myoépithéliales mammaires (Smith et Chepko, 2001).

2.3. La galactopoïèse

La galactopoïèse correspond à l'entretien de la lactation (colostrum puis lait) pendant toute la durée de l'allaitement, et résulte d'une action neuro-hormonale dont l'origine est le stimulus de succion ou la palpation du trayon. L'hypophyse libère dans le sang des hormones telles que la prolactine qui est véhiculée vers la glande mammaire (Delouis *et al.*, 2001).

2.4. La sécrétion des composants du colostrum

Les cellules épithéliales des acini mammaires constituent le lieu de la sécrétion de différents composants du colostrum et du lait. En fin de gestation, les constituants du colostrum sont secrétés dans la lumière des alvéoles à partir de quatre voies principales: exocytose, enrobage de la membrane cellulaire, voie trans-cellulaire et voie para-cellulaire (Figure 3). Les protéines et le lactose sont synthétisés dans le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi des cellules épithéliales (Delouis *et al.*, 2001). Le contenu des vésicules est libéré dans la lumière des alvéoles par exocytose, par simple fusion des vésicules avec la membrane cellulaire (Klopfenstein *et al.*, 2002). Les gouttelettes lipidiques proviennent des mitochondries et sont libérées dans la lumière alvéolaire après enrobage par la membrane cellulaire, formant les globules lipidiques (Keenan, 2001). Une troisième voie, dite trans-cellulaire, permet aux immunoglobulines (Ig) plasmatiques (Klopfenstein *et al.*, 2002) et à plusieurs autres facteurs de croissance et hormones de traverser par exocytose la membrane cellulaire apicale des cellules pour aboutir dans la lumière alvéolaire. En fin de gestation, les jonctions serrées, qui assurent l'étanchéité de l'épithélium mammaire, sont ouvertes et permettent le passage, entre les

cellules épithéliales, de cellules immunitaires, d'immunoglobulines plasmatiques et d'électrolytes vers la lumière alvéolaire (Klopfenstein *et al.*, 2002).

3. COMPOSITION CHIMIQUE ET RÔLE DE COMPOSANTS DU COLOSTRUM

3.1. Composition chimique

Le colostrum est une source des nombreux nutriments protéiques, glucidiques, lipidiques (Kulkarni et Pimpale, 1989 ; Nowak et Poindron, 2006), vitaminiques (β -carotène et vitamine E) et minéraux (Ca, P, K, Na, Mg.) mais également de facteurs de croissance et d'hormones tels que les insulin-like Growth Factor (IGF) I et II, l'insuline, les Beta Transforming Growth Factor (TGF) β 1 et β 2 (Pakkanen *et al.*, 1997 ; Playford *et al.*, 2000) et des composés antimicrobiens - immunoglobulines, cytokines, lysozymes, lactoferrine, lactoperoxydase (Foley et Otterby 1978 ; Pearson *et al.*, 1984 ; Lavoie *et al.*, 1989 ; Leblanc *et al.*, 1992 ; Hadjipanayiotou, 1995 ; Pakkanen *et al.*, 1997, Kehoe *et al.*, 2007). En fonction de leurs teneurs respectives dans le colostrum, ces éléments peuvent être classés en deux principaux groupes, à savoir les éléments majeurs et les éléments mineurs.

3.1.1. Les éléments majeurs

La composante majeure du colostrum est constituée des protéines, des lipides, des sucres et des sels minéraux (tableau I). Les teneurs diffèrent selon les auteurs et varient fortement d'une espèce à l'autre. Ces différences sont notamment liées à la structure placentaire constituée de plusieurs couches dont le nombre diffère selon les espèces (Silim *et al.*, 1990). Une adaptation évolutive a également fait coïncider la composition colostrum avec les besoins spécifiques du jeune en nutriments. Ces besoins diffèrent, notamment, selon le degré de maturité du nouveau-né et sont statut nidifuge ou nidicole.

Les protéines du colostrum sont principalement représentées par les albumines et les immunoglobulines plus la caséine. Le tableau II présente les teneurs en isotopes d'immunoglobulines (IgG, IgA, IgM) dans le colostrum avant la première tétée du jeune et dans le lait.

Les lipides du colostrum sont constitués d'acides gras et d'esters méthyliques. Les principaux acides gras représentés sont l'acide myristique (C14:0), l'acide palmitique (C16:0), l'acide palmitoléique (C16:1), l'acide stéarique (C18:0), l'acide oléique (C18:1), l'acide linoléique C18:2 et l'acide linoléique C18:3 (Le Dividich *et al.*, 1989) dont les teneurs sont fortement influencées par l'alimentation. On constate également la présence d'acides gras saturés à plus courtes chaînes (Zaharia *et al.*, 2011).

Le colostrum contient également des glucides, essentiellement le lactose (Kehoe *et al.*, 2007), et aussi une grande variété d'éléments minéraux. Les plus importants sont le calcium (Ca), le phosphore (P), le potassium (K), le sodium (Na), le magnésium (Mg), le soufre (S).

3.1.2. Les éléments mineurs

Le colostrum contient des hormones, des vitamines, des enzymes, mais également des composantes cellulaires et de nombreux facteurs de croissance. Les principales enzymes du colostrum sont la lactoperoxydase, la phosphatase alcaline, la plasmine, le lysozyme rapporté par Boudry *et al.* (2008). Ces enzymes présentent toutes des concentrations plus élevées dans le colostrum que dans le lait et ont pour rôle de lutter contre les microorganismes.

Le tableau III indique les hormones thyroïdiennes présentes dans le colostrum et le lait de vache. Ces hormones, une fois assimilées par les jeunes animaux, peuvent stimuler le métabolisme de certains organes et tissus. Les IGF-1 et 2 constituent une composante essentielle parmi les facteurs de croissance dans le colostrum de la vache (Akers *et al.*, 2000 ; Hammon *et al.*, 2000). En effet, des études ont mis en évidence que des ARNm codant pour deux types de récepteurs à la GH et un récepteur à l'IGF-1 sont produits dans l'épithélium mammaire, suggérant que la GH interagit directement sur les cellules épithéliales pour provoquer la production d'IGF-1 qui à son tour régule des fonctions de croissance et de sécrétion (Murphy *et al.*, 1987). Les IGF-1 et 2 stimulent la croissance et la prolifération cellulaires et agissent en synergie avec les hormones du système endocrinien (Jones et Clemmons, 1995).

Les oligo-éléments, tels que le zinc (Zn), le manganèse, le cuivre (Cu), le cobalt (Co), le sélénium (Se) et l'iode (I) sont également présents. Ces derniers sont deux à cinq fois plus concentrés dans le colostrum que dans le lait (Mathieu, 1985).

Dans le colostrum, les teneurs en vitamines, notamment en β -carotène, vitamine A, vitamine D et vitamine E (α -tocophérol) sont cinq à dix fois supérieures à celles du lait (Kincaid et Cronrath, 1992). Les travaux de Foley et Otterby, (1978) et de Kehoe et collaborateurs (2007) rapportent des fortes concentrations en certaines vitamines dans le colostrum, telles que la thiamine (0,6 et 2,1 mg/l), la riboflavine (4,8 et 9,2 mg/l) et la niacine (1 et 1,6 mg/l) ainsi qu'en acide folique (10^{-5} μ g/l), et en cyanocobalamine (5 et 11×10^{-5} μ g/l).

Le colostrum renferme de nombreuses cellules vivantes, essentiellement des leucocytes (lymphocytes, macrophages) et des cellules épithéliales sécrétoires (Le Jan, 1992). Comme chez le bovin et l'homme Le Jan, (1992) a rapporté que le colostrum de truie contient des cellules épithéliales d'origine mammaire aptes à se multiplier in vitro. Le rôle des cellules vivantes colostrales dans la défense

immunitaire du nouveau-né est encore peu clair bien qu'étudié depuis plusieurs décennies (Clover et Zarkower, 1980). Actives selon certains auteurs (Nechvalatova et al., 2011), leur rôle serait passif selon d'autres Rainard et Riollet (2006). Amy Stieler *et al.* (2012) ont montré qu'elles pourraient même retarder la mise en place de la pleine compétence immunitaire chez le veau.

Thiry et collaborateur (2002) ont indiqué que, chez les bovins, on note une concentration sanguine relativement importante en lymphocytes T colostraux chez le veau nouveau-né, soit 25 à 30 % dans les leucocytes sanguins périphériques. La fonction de cette masse cellulaire n'est pas élucidée, mais semble être celle de cellules tueuses (Thiry *et al.*, 2002).

3.2. Importance et rôle des composants du colostrum

D'une manière générale, l'ingestion du colostrum stimule le développement et le fonctionnement du tractus gastro-intestinal (Blum et Hammon, 2000) et permet un renforcement du système immunitaire des nouveau-nés (Serieys, 1993), entraînant une maturation histologique des organes lymphoïdes: augmentation de la taille des plaques de Peyer et différenciation entre cortex et medulla des ganglions lymphatiques (Raboisson *et al.*, 2008). Par ailleurs, les travaux de Boudry et collaborateurs (2005) ont montré que l'administration du colostrum bovin chez les porcelets permet une augmentation du nombre de lymphocytes B et T dans les plaques de Peyer iléales. Ce phénomène confirme l'hypothèse selon laquelle le colostrum stimule le système immunitaire au niveau de la sphère intestinale (Boudry *et al.*, 2005).

De 60 à 80% des protéines du colostrum sont des immunoglobulines (IgG, IgA) qui confèrent aux nouveau-nés une immunité non seulement locale, contre notamment les pathogènes gastro-intestinaux, (Serieys, 1993, Contrepois, 1996), mais également systémique contre les agents septicémiques et infectieux (Serieys, 1993, Gartioux, 2003).

Les facteurs de croissance les plus connus sont les IGF-1 et 2. Ils seraient impliqués dans la stimulation de la croissance et la multiplication cellulaire dans le sphère intestinale chez le nouveau-né (Akers *et al.*, 2000 ; Boudry *et al.*, 2008). Selon Serieys (1993), ces molécules semblent favoriser aussi le développement d'une flore commensale dressant une barrière protectrice microbienne (*Lactobacillus acidophilus*, *Enterococcus faecium et bovis*, *Bifidobacterium brevium*). Des études ont montré chez les porcelets sevrés que l'apport d'un extrait de colostrum riche en facteurs de croissance (IGF) dans l'aliment limite l'atrophie de villosités et accélère la synthèse protéique au niveau duodéal (Marion *et al.*, 2002). Par ailleurs, les travaux de Burrin et collaborateur (1992) ont révélé que l'administration orale d'IGF-1 chez les porcelets nouveau-nés augmente la hauteur des villosités intestinales et ce, proportionnellement à la dose.

Les facteurs antimicrobiens non spécifiques (lactoferrine, lactoperoxydase, lysozymes) et les facteurs tels que les cytokines qui ont à la fois des actions spécifiques et non spécifiques jouent également un rôle crucial dans la survie du nouveau-né dans la mesure où ils assurent une protection contre les maladies infectieuses (Boudry *et al.*, 2008). La lactoferrine inhibe la croissance de nombreux microbes (Pakkanen *et al.*, 1997). Elle est impliquée dans le mécanisme d'absorption du fer dans l'intestin et dans l'activation des phagocytes et les réponses immunitaires (Viljoen, 1995). La lactoferrine a la possibilité également, grâce à sa liaison au fer libre, d'agir comme antioxydant pour protéger les cellules du système immunitaire contre les radicaux libres autoproduits dans les zones d'inflammation ou d'infection (Britigan *et al.*, 1994 ; Britigan *et al.*, 2001).

Par sa capacité à produire des produits oxydants, la lactoperoxydase inhibe le métabolisme des bactéries par oxydation des enzymes et autres protéines microbiennes (Pruitt et Reitter, 1985).

Le lysozyme est une fraction antimicrobienne qui, d'une part, active la lactoperoxydase pour former un complexe avec cette dernière (Hulea *et al.*, 1989) et d'autre part agit en synergie avec la lactoferrine (Yamauchi *et al.*, 1993).

Les cytokines agissent en tant qu'adjuvant dans la modulation du système immunitaire (Scheerlinck *et al.*, 1998). Chez le nouveau-né, ces molécules agissent en synergie avec les Ig maternelles ingérées (Playford *et al.*, 2000) et seraient impliquées dans la régulation de la réparation intestinale après inflammation (Elson et Beagly, 1994).

En dehors des rôles nutritifs et immunitaires, d'autres fonctions sont attribuées au colostrum. Il s'agit du métabolisme protidique, notamment la régulation de l'albuminémie et la concentration plasmatique en protéines totales (Levieux, 1999 ; Allemand, 2008); enfin le colostrum participe aussi à l'apport et la synthèse des hormones thyroïdiennes (Hadorn *et al.*, 1997) dans la mesure où il renferme une quantité importante d'iode et de sélénium qui sont nécessaires dans leur métabolisme (Gilles, 2007). Les besoins en iode et sélénium sont d'ailleurs très élevés en fin de gestation et les vaches qui en ont bénéficié à cette période présentent de fortes concentrations colostrales en ces éléments (Weiss *et al.*, 1994 ; Abdelrahman et Kincaid, 1995).

Le colostrum intervient également dans le métabolisme lipidique en régulant la concentration plasmatique post-partum en acides gras non estérifiés, en leptine, ainsi que le métabolisme des triglycérides, des phospholipides et du cholestérol (Hadorn *et al.*, 1997 ; Rauprich *et al.*, 2000). Il régule d'autre part la glycémie, la néoglucogenèse hépatique, et l'insulinémie (Hammon et Blum, 2002).

4. FACTEURS DE VARIATION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DU COLOSTRUM

Plusieurs facteurs sont à l'origine de la variation de la composition du colostrum. Ils peuvent être arbitrairement classés en deux catégories, intrinsèques et extrinsèques.

4.1. Les facteurs intrinsèques

Il s'agit des facteurs liés à l'animal. On peut retenir principalement l'espèce, la race, le rang de lactation et le numéro de la traite.

A l'exception des protéines, le colostrum de la vache semble être moins riche en éléments nutritifs (lipide et lactose) que celui de la truie, la brebis et la chèvre (voir tableau I). Il existe également des différences importantes rapportées à la composition en immunoglobulines (Hadjipanayiotou, 1995). Chez les ruminants, le placenta est de type épithéliochorial possédant environ cinq couches séparant la circulation maternelle et fœtale (Silim *et al.*, 1990). Ceci lui confère la propriété d'être une barrière pour les composants tels que les immunoglobulines. Il ne permet pas le transfert des immunoglobulines de la mère au jeune avant la naissance.

Il a été vu que l'aspect physico-chimique du colostrum varie en fonction du temps (figures 4 et 5). Chez la vache, les concentrations en IgG sont divisées par deux à chaque traite, pour atteindre 2,5 g/l les 5ème et 6ème jours *post-partum* (Hammon et Blum, 2000).

Enfin, les teneurs en protéines et lipides augmentent normalement avec le numero de lactation (Kehoe *et al.*, 2011). Toutefois, selon Marzo (2007), cette évolution n'est pas statistiquement significative chez la brebis, suite à un phénomène de dilution car la brebis produit aussi plus de lait à un âge plus avancé. Romero *et al.* (2013), ont observé une diminution des teneurs en principaux nutriments avec le numero de lactation.

4.2. Les facteurs extrinsèques

Les facteurs extrinsèques regroupent principalement l'état de santé, l'alimentation, la vaccination et le stress. Ils peuvent être considérés comme liés à des facteurs environnementaux.

En général, les productions animales (colostrum, lait, viande) reposent en grande partie sur l'état de santé de l'animal (Veissier *et al.*, 1999). Si, en phase de gestation avancée ou en période pré-partum (Miller *et al.* 2000), une femelle se trouve dans des conditions de santé défavorables, il en résulte une médiocre sécrétion quantitative et qualitative de colostrum (Zhao et Lacasse, 2008). A titre d'exemple, la rétention placentaire 24 heures chez la vache peut entraîner une diminution de moitié de la teneur en IgG (Lona et Romero, 2001).

En règle générale, l'alimentation des femelles laitières au pâturage se compose d'une ration de base et d'un complément (Delaby et Peyraud, 1994). Il existe vraisemblablement très peu de données relatives à l'effet d'un apport de la ration sur la composition du colostrum. Toutefois, les travaux de Bocquer et Caja (2001) et de Devillers et collaborateurs (2005) ont indiqué que l'alimentation a un effet sur la production et l'aspect du colostrum. En effet, le fourrage vert augmente via le β -carotène, la couleur jaune du colostrum et, dans d'autres cas, il en augmente le volume. Par contre, selon Boland *et al.* (2005), la supplémentation ou la complémentation minérale ou vitaminique ne contribue pas nécessairement à l'amélioration de la production du colostrum. L'étude consistant à supplémenter les animaux soit avec un complexe de minéraux et de vitamines (Ca, P, Mg, Na, Zn, Se, I, Mn, Co et de la vitamine E), soit avec un minéral ou un oligo-élément exclusivement (P, Mg, Zn, Mn, Se, I, Co) n'a montré aucun effet sur la composition du colostrum (Boland *et al.*, 2005).

Les différents facteurs climatiques ont une action directe sur les performances des animaux (West, 2003) dans la mesure où ils gênent le maintien de leur homéothermie. Le stress hyperthermique prolongé provoque ainsi une réduction de la sécrétion des nombreuses hormones (thyroxine, hormone de croissance, insuline, hormones sexuelles) qui interviennent dans le métabolisme (Wolfenson *et al.*, 1988 ; Collier *et al.*, 1991). En général, ces conséquences intéressent aussi bien la reproduction ou la croissance que les productions proprement dites parmi lesquelles les sécrétions mammaires (Singh *et al.*, 2010). Le stress thermique, quant lui, entraîne des modifications endocriniennes pouvant diminuer le fonctionnement de l'axe somatotrope et la production de prolactine (Dahl, 2008).

Le colostrum confère au nouveau-né une très bonne protection, bien meilleure que sa propre immunité (Gartioux, 2003). Selon Marzo (2007), les anticorps contenus dans le colostrum d'une brebis bien vaccinée avant l'agnelage contre le groupe de maladies à *Clostridium spp.* doit protéger l'agneau pendant 10 à 20 semaines. De même, Serieys (1993) a indiqué que l'ingestion du colostrum pourrait réduire à la fois les effets de la morbidité et la mortalité néonatale. Cependant, l'efficacité de cette protection n'est maximale que si la parturiente a été vaccinée dans les dernières semaines ou au plus tard les 72 heures avant la mise-bas. La vaccination diversifie ainsi le taux d'anticorps du colostrum de la femelle donneuse. Les travaux d'Eyma (2008) ont montré que l'augmentation des teneurs en anticorps anti-toxines α et ϵ au niveau du sang permettait d'élever les teneurs en anticorps correspondants dans le colostrum des brebis vaccinées. Selon Socié-Jacob (2007), la vaccination des mères contre les toxines α et ϵ de *Clostridium perfringens* n'augmente pas de façon significative la quantité du colostrum, mais améliore la qualité de ce dernier. Gartioux (2003) a rapporté que la vaccination de vaches gestantes, 6 à 3 semaines avant le part, induit l'apparition d'anticorps spécifiques chez la future mère. Une étude portant sur la vaccination systémique et annuelle permettant d'augmenter le taux d'anticorps, conduite par Thiry et Douart (2001), a confirmé le fait que la vaccination apporte des anticorps spécifiques et augmente par cette même occasion le taux d'Ig du colostrum transféré. En revanche, des études ont montré que la vaccination n'a pas nécessairement

d'influence significative sur les taux sériques d'immunoglobulines de la mère, particulièrement de type G (Halliday *et al.*, 1978 ; Marzo, 2007).

5. CONCLUSION

Chez la plupart des mammifères d'élevage, le colostrum est produit par la glande mammaire selon une séquence d'événements relativement standards. La synthèse du colostrum est sous l'influence et le contrôle d'événements hormonaux qui surviennent lors de la gestation, de la mise-bas et de la lactation. En règle générale, le contrôle hormonal du développement mammaire repose essentiellement sur l'activité de trois glandes endocrines: l'hypophyse, l'ovaire et le placenta.

Le colostrum est source de protéine, de lipide, de lactose, de minéraux, de vitamines, de facteurs antimicrobiens spécifiques et aspécifiques, de facteurs de croissance dont les plus connus sont IGF-1 et 2, et de cellules. Sa composition dépend de facteurs liés à l'animal, mais aussi de facteurs environnementaux.

Le colostrum a non seulement une valeur nutritive mais également une importance immunitaire. Il est une source importante d'énergie pour le nouveau-né afin d'assurer sa thermogénèse et sa croissance - bien que le nouveau-né dispose de sources d'énergie assez rapidement mobilisables, telles que la graisse brune, le rôle du colostrum comme source instantanée d'énergie et de nutriments reste extrêmement important.

Le défaut d'ingestion du colostrum dans les premières heures qui suivent la naissance, par la tétée ou artificiellement à travers l'administration orale, hypothèque donc la survie du nouveau-né.

L'amélioration de la qualité du colostrum pourrait ainsi aider à améliorer les conditions de survie des jeunes et donc la productivité des élevages.

Remerciements: Ce travail a été financé par la Coopération Technique Belge (CTB). Les auteurs tiennent à remercier cet organisme.

6. REFERENCES

- ABDELRAHMAN M.M., KINCAID R.L. Effect of Selenium Supplementation of Cows on Maternal Transfer of Selenium to Fetal and Newborn Calves. *J. Dairy Sci.*, 1995, **78**, 625-630.
- ABDOU H. Comparaison de la composition chimique du colostrum de la race bovine Azawak et la race ovine Bali Bali du Niger. Perspectives d'utilisation en production ovine et caprine (Mémoire pour l'obtention du Certificat au Doctorat en sciences vétérinaires). Faculté de médecine vétérinaire de Liège: Liège, 2010, 31p.
- AHMAD R., KHAN A., JAVED M.T., HUSSAIN I. The level of immunoglobulins in relation to neonatal lamb mortality in Pak-Karakul sheep. *Vet. Arch.*, 2000, **70**, 29-139.
- AKERS R.M. Lactational physiology: A ruminant animal perspective. *Protoplasma* 1990, **159**, 96-111.
- AKERS R.M., McFADDEN T.B., PURUP S., VESTERGAARD M., SEJRSEN K., CAPUCO, A.V. Local IGF-I Axis in Peripubertal Ruminant Mammary Development. *J. Mammary Gland. Biol. Neoplasia*, 2000, **5**, 43-51.
- ALLEMAND H. Evaluation par la technique d'immunodiffusion radiale de la qualité du colostrum et du transfert colostral chez les bovins (Thèse pour l'obtention du grade de Docteur vétérinaire). Ecole nationale vétérinaire de Lyon: Lyon, 2008, 150 p.
- AMARANT T., FRIDKKEN M., KOCH Y. Luteinizing Hormone - Releasing Hormone and Thyrothropin Releasing Hormone in human and bovine milk. *Eur. J. Biochem.*, 1982, **127**, 647-650.
- AMY STIELER D.M.V., BEATRIZ SANZ BERNADO D.M.V., ARTHUR DONAVAN M.S.G., MSc D.M.V. Neutrophil and monocytes functions in Neonatal Dairy Calves Fed Fresh and Frozen Colostrum. *Intern. J. Appl. Res. Vet. Med.*, 2012, 10, 328-334.
- ANDREW S.M. Effect of composition of colostrum and transition milk from Holstein heifers on specificity rates of antibiotic residue tests. *J. Dairy Sci.*, 2001, **84**, 100-106.
- BLUM J.W., HAMMON H.M. Colostrum effects on the gastro-intestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livest. Prod. Sci.*, 2000, **66**, 151-159.
- BOCQUIER F., CAJA G. Production et composition du lait de brebis: effets de l'alimentation. *INRA Prod. Anim.*, 2001, **14**, 129-140.

- BOLAND T.M., BROPHY P.O., CALLAN J.J., QUINN P.J., NOWAKOWSKI P., CROSBY T.F. The effects of mineral supplementation to ewes in late pregnancy on colostrum yield and immunoglobulin G absorption in their lambs. *Livest. Prod. Sci.*, 2005, **97**, 141-150.
- BOUDRY C., DALLE M.J., HALLEUX C., PORTETELLE D., ALFRED COLLARD A., HAVAUX X., GIANELLO P., THEWIS A., BULDGEN A., DEHOUX J.P. Effet du colostrum bovin administré à des porcelets au sevrage sur la morphologie de la paroi intestinale et sur le système immunitaire. *Journ. Rech. Porcine Fr.*, 2005, **37**, 219-224.
- BOUDRY C., DEHOUX J.P., PORTETELLE D., BULDGEN A. Bovine colostrum as a natural growth promoter for newly weaned piglets. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2008, **12**, 157-170.
- BOUSQUET O.M. Les hormones du lait: provenance et rôles. *INRA Prod. Anim.*, 1993, **6**, 253-263.
- BRITIGAN B.E., LEWIS T.S., WALDSCHMIDT M., McCORMICK M.L., KRIEG A.M. Lactoferrin binds CpG-containing oligonucleotides and inhibits their immunostimulatory effects on human B cells. *J. Immunol.*, 2001, **167**, 2921-2928.
- BRITIGAN B.E., SERODY J.S., COHEN M.S. The role of lactoferrin as an anti-inflammatory molecule. In: Hutchens T.W., Rumball S.V., Lonnerdal B. (Eds), Lactoferrin: structure and function, advances in experimental medicine and biology. Plenum Press: New York, 1994, 143-156.
- BURRIN D.G., SCHULMAN R.J., REEDS P.J., DAVIS T.A., GRAVITT K.R. Porcine colostrum and milk stimulate visceral organ and skeletal muscle protein synthesis in neonatal piglets. *J. Nutr.*, 1992, **122**, 1205-1213.
- CASTREN H., ALGERS B., DE PASSILLE A.M., RUSHEN J., UVNAS-MOBERG K. Parturient variation in progesterone, prolactin, oxytocin and somatostatin in relation to nest building in sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1993, **38**, 91-102.
- CLOVER C.K., ZARKOWER A. Immunologic responses in colostrum-fed and colostrum-deprived calves. *Am J. Vet. Res.*, 1980, **41**, 1002-1007.
- COLLIER R.J., MILLER M.A., HILDEBRANDT J.R., TORKESSON A., WHITE T.C., MADSEN K.S., VICINI J.L., EPPARD P.J., LANZA G.M. Factors affecting insulin-like growth factor-2 concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.*, 1991, **74**, 2905-2911.
- CONTREPOIS M. Vaccination contre les colibacilles entérotoxigènes du veau. *Ren. Rech. Ruminants*, 1996, **3**, 131-138.

- DAHL G.E. Effects of short day photoperiod on prolactin signaling in dry cows: a common mechanism among tissues and environment? *J. Anim. Sci.*, 2008, **86**, 10-14.
- DELABY L., PEYRAUD J.L. Influence de la nature du concentré énergétique sur les performances des vaches laitières au pâturage. *Renc. Rech. Ruminants*, 1994, **1**, 113-116.
- DELOUIS C., DIJANE J., HOUDEBINE L.M., TERQUI M. Relation between hormones and mammary gland function. *J. Dairy Sci.*, 1980, **63**, 492-1513.
- DELOUIS C., HOUDEBINE L.M., RICHARD P. La lactation. In: Thibault C., Levasseur C. (Eds), La reproduction chez les mammifères et l'homme. INRA Editions-Ellipses: Paris, 2001, 580-610.
- DENAMUR R., DELOUIS C. Effects of progesterone and prolactin on the secretory activity and the nucleic acid content of the mammary gland of pregnant rabbits. *Acta. Endocrinol*, 1972, **70**, 603-618.
- DENAMUR R., KANN G. Luteolytic effects of estradiol after hypophysectomy or pituitary stalk section in cycling sheep. *Acta. Endocrinol*, 1973, **73**, 635-642.
- DEVILLERS N., LE DIVIDICH J., FARMER C., MOUNIER A.M., LEFEBVRE M. Origine et conséquences de la variabilité de la production du colostrum par la truie et de la consommation de colostrum par les porcelets. *Journ. Rech. Porcine Fr.*, 2005, **37**, 435-442.
- DEVILLERS N., LE DIVIDICH J., PRUNIER A. Physiologie de la production de colostrum chez la truie. *INRA Prod. Anim.*, 2006, **19**, 29-38.
- DERIVAUX J., ECTORS F., BECKERS J.F. Données récentes en gynécologie animale. *Ann. Méd. Vét.*, 1976, **120**, 81-102.
- EINSPANIER R., SCHAMS D. Changes in concentrations of insulin-like growth factors 1 and 2 and their binding proteins in human milk: effect of heat treatment on IGF and IGF binding protein stability. *J. Dairy Res.*, 1991, **58**, 171-178.
- ELFSTRAND L., LINDMARK-MANSSOM H., PAULSSONA M., NYBERGC L., AKESSON B. Immunoglobulin's growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 879-887.
- ELLIS S.E., EDWARDS F.G., AKERS R.M. Morphological and histological analysis of the prepubertal ovine mammary gland. *J. Dairy Sci.*, 1995, **78**, 202.
- ELSON C.O., BEAGLEY W. Cytokines and immune mediators. In: Johnson L.R. (Ed.), Physiology of the gastro-intestinal tract. Raven: New York, 1994, 243-266.

- ERB R.E. Hormonal Control of Mammogenesis and Onset of Lactation in Cows. *J. Dairy Sci.*, 1977, **60**, 155-169.
- EYMA C. Appréciation des conséquences de la vaccination de la brebis contre l'entérotoxémie sur l'immunité colostrale chez l'agneau. Mémoire de stage de Brevet de Technicien Supérieur en agriculture, Agroalimentaire, Environnement, section Productions Animales [En ligne], Adresse URL: <http://www.fundp.ac.be/sciences/veterinaire/physiologie/doc/TFEEyma/viewn>, Consulté le 22/11/2009.
- FARMER C., SORENSEN M.T., PETITCLER D. Inhibition of prolactin in the last trimester of gestation decreases mammary gland development in gilts. *J. Anim. Sci.*, 2000, **78**, 1303-1309.
- FLEMING J.R., HEAD H.H., K.C., B. Induction of Lactation: Histological and Biochemical Development of Mammary Tissue and Milk Yield of Cows Injected with Estradiol-17 β and Progesterone for 21 Days. *J. Dairy Sci.*, 1986, **69**, 3008-3021.
- FOLEY J.A., OTTERBY D.E. Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum. *J. Dairy Sci.*, 1978, **61**, 1033-1060.
- FORSYTH I.A. Variation Among Species in the Endocrine Control of Mammary Growth and Function: The Roles of Prolactin, Growth Hormone, and Placental Lactogen. *J Dairy Sci.*, 1986, **69**, 886-903.
- GARTIOUX J.P. La transmission de l'immunité colostrale. Etude au sein d'une ferme expérimentale de Saône et Loire (Thèse pour l'obtention du grade de Docteur vétérinaire). Ecole Nationale vétérinaire de Lyon: Lyon, 2003, 146 p.
- GILLES A.P. Effet d'une supplémentation en iode et sélénium chez la vache gestante sur le statut immunitaire du nouveau-né (Thèse pour l'obtention du grade de Docteur vétérinaire). Ecole nationale vétérinaire de Toulouse: Toulouse: 2007, 76 p.
- GOPAL P.K., GILL H.S. Oligosaccharides and glycoconjugates in bovine milk and colostrum. *Br. J. Nutr.*, 2000, **84**, 69-74.
- HADJIPANAYIOTOU M. Composition of ewe, goat and cow milk and of colostrum of ewes and goats. *Small. Rum. Rech.*, 1995, **18**, 255-262.
- HADORN U., HAMMON H., BRUCKMAIER R.M., BLUM J.W. Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves. *J Nutr.*, 1997, **127**, 2011-2023.

- HALLIDAY R.A., RUSSEL A.J., PEART J.L. Effects of energy intake during late pregnancy and of genotype on immunoglobulin transfer to calves in suckler herds. *Res. Vet. Sci.*, 1978, **24**, 26-31.
- HALUSKA G.J., CURRIE W.B. Variation in plasma concentrations of estradiol-17 β and their relationship to those of progesterone, 13, 14-dihydro-15-ketoprostaglandin F-2 α and oxytocin across pregnancy and at parturition in pony mares. *J.Reprod. Fert.*, 1988. **84**, 635-646.
- HAMMON H.M., BLUM J.W. Feeding different amounts of colostrum or only milk replacer modify receptors of intestinal insulin-like growth factors and insulin in neonatal calves. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 2002, **22**, 155-168.
- HAMMON H.M., ZANKER I.A., BLUM J.W. Delayed colostrum feeding affects IGF-I and insulin plasma concentrations in neonatal calves. *J. Dairy Sci.*, 2000, **83**, 85-92.
- HARTMANN P.E., HOLMES M.A. Sow lactation. In: Barnett J.L. (Ed.), *Manipulating pig production II*. Australasian Pig Science Association: Werribee Australia, 1989, 72-97.
- HEALD C.W. Hormonal effects on mammary cytology. *J. Dairy Sci.*, 1974, **57**, 917.
- HOLLAND M.S., HOLLAND R.E. The Cellular Perspective on Mammary Gland Development: Stem/Progenitor Cells and Beyond. *J. Dairy Sci.*, 2005, **88**, E1-E8.
- HULEA S.A., MOGOS S., MATEI L. Interaction of lactoperoxidase with enzymes and immunoglobulins in bovine milk. *Biochem. Int.*, 1989, **19**, 1173-1181.
- HURLEY W.L., DOANE R.M., O'DAY-BOWMAN M.B., WINN R.J., MOJONNIER L.E., SHERWOOD O.D. Effect of relaxin on mammary development in ovariectomized pregnant gilts. *J. Endocr.*, 1991, **128**, 1285-1290.
- JOHNSON M.H., EVERITT B.J. *Reproduction*. De Boeck: Bruxelles, 2001, 298 p.
- JONES J.I., CLEMMONS D.R. Insulin-like growth factors and their binding proteins: biological actions. *Endocr. Rev.*, 1995, **16**, 3-34.
- KEENAN T.W. Milk lipid globules and their surrounding membrane: a brief history and perspectives of future research. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia.*, 2001, **6**, 365-371.
- KEHOE S. I., HEINRICHS A. J., Moody M.L., Jones C.M., Long M.R. Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum¹. *The Professional Animal Scientist*, 2011, 27, 176-180.

- KEHOE S.I., JAYARAO B.M., HEINRICHS A.J. A Survey of Bovine Colostrum Composition and Colostrum Management Practices on Pennsylvania Dairy Farms¹. *J. Dairy Sci.*, 2007, **90**, 4108-4116.
- KENDRICK K.M., KEVERNE E.B., SHARMAN D.F., BALDWIN B.A. Microdialysis measurement of oxytocin, aspartate, aminobutyric acid and glutamate release from the olfactory bulb of the sheep during vaginocervical stimulation. *Brain. Res.*, 1988, **442**, 171-174.
- KENSINGER R.S., COLLIER R.J., BAZER W. Ultrastructural changes in porcine mammary tissue during lactogenesis. *J. Anat.*, 1986, **145**, 49-59.
- KINCAID R.L., CRONRATH J.O. Zinc concentration and distribution in mammary secretions of peripartum cows. *J. Dairy Sci.*, 1992, **75**, 481-484.
- KIRSCHVINK N. Impact de la vaccination contre l'entérotoxémie sur le taux d'anticorps dans le sang, le colostrum et le lait de la brebis et dans le sang de l'agneau. *Filière ovine et caprine*, 2008, **26**, 27-29.
- KLOBASA F., WERHAHN E., BUTLER J.E. Composition of sow milk during lactation. *J. Anim. Sci.*, 1987, **64**, 1458-1466.
- KLOPFENSTEIN C., COUTURE Y., MARTINEAU G.P., BOUCHARD E. Physiopathologie comparative de la lactation chez la truie et chez la vache. *Médecin Vétérinaire du Québec*, 2002, **32**, 52-56.
- KULKARNI P.R., PIMPALE N.V. Colostrum: a review. *J Dairy Sci.*, 1989, **42**, 216-224.
- LAGRANDE C., LEGRAND C., MALTIER J.P., MAGRE S. Hormones et reproduction. In: Du Pouy J.P. (Ed), Hormones et grandes fonctions. Ellipses: Paris, 1993, 390-492.
- LARSON B.L., HEARY H.L., J.E. DEVERY J.E. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.*, 1980, **63**, 665-671.
- LAVOIE J.P., SPENSLEY M.S., SMITH B.P. Colostral volume and immunoglobulin G and M determinations in mares. *Am. J. Vet. Res.*, 1989, **50**, 466-470.
- LEBLANC M.M., TRAN T., BALDWIN J.L., PHARD E.L. Factors that influence passive transfer of immunoglobulin's in foals. *Javma*, 1992, **200**, 179-183.
- LE DIVIDICH J., ESNAULT T., LYNCH B. Influence de la teneur en lipides du colostrum sur l'accrétion lipidique et la régulation de la glycémie chez le porc nouveau-né. *Journ. Rech. Porcine Fr.*, 1989, **21**, 275-280.

- LE JAN C. Caractérisation des cellules du colostrum et du lait chez la truie. *Journ Rech. Porcine Fr.*, 1992, **24**, 309-314.
- LEVIEUX D. Le colostrum, un lait particulièrement riche en de nombreux composants. Peut-on en déceler la présence dans les livraisons de lait de vache? *Lait*, 1999, **79**, 465-488.
- LEVIEUX D., MASLE L., GENEIX N., BOWIER F. Composition du colostrum et du lait de chèvre au cours de la période colostrale en immunoglobuline G, -lactoglobuline, -lactalbumine et sérum albumine. *Renc. Rech. Ruminants*, 2001, **8**, 91.
- LONA D.V., ROMERO R.C. Short Communication: Low Levels of Colostral Immunoglobulins in Some Dairy Cows with Placental Retention. *J. Dairy Sci.*, 2001, **84**, 389-391.
- MAILLARD R. Le transfert de l'immunité colostrale chez le veau. *Point Vét. N° spécial Reproduction des Ruminants: gestation, néonatalogie et post-partum*. 2006, **37**, 110-114.
- MARION J., LEHUEROU-LURON I., HUGHET A., CALLREC J., LEROUX T., LE DIVIDICH J. La supplémentation de l'aliment de sevrage en un extrait de colostrum bovin augmente la hauteur des villosités dans le duodénum chez le porcelet sevré. *Journ. Rech. Porcine Fr.*, 2002, **34**, 103-108.
- MARZO G. Etude de la composition du colostrum et du lait de brebis et de leurs effets sur la croissance des agneaux (Mémoire présenté pour l'obtention du titre de bachelier en agronomie). Faculté Universitaire des sciences agronomiques de Gembloux: Gembloux, 2007, 79 p.
- MASSONI S.R.G. Induction de la lactation chez la jument et croissance des poulains élevés par des juments à lactation induite (Mémoire de fin d'étude). Ecole nationale vétérinaire de Toulouse: Toulouse, 2003, 61 p.
- MATHIEU H. Facteurs de variation de la composition du lait. In: Luquet L.F.M. (Ed.), *Laits et produits laitiers.1. Les laits de la mamelle à la laiterie*, Technique et Documentation. Lavoisier: Paris, 1985, 1057-1060.
- MILLER A.R.E., ERDMAN, R.A., DOUGLAS, L.W., DAHL G.E. Effects of photoperiodic manipulation during the dry period of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2000, **83**, 962-967.
- MURPHY L.J., BELLE G., FRIESEN H.G. Tissue distribution of insulin-like growth factor-I and II messenger ribonucleic in the adult rat. *Endocrinology*, 1987, **120**, 1279-1282.
- NECHVATALOVA K., KUDLACKOVA H., LEVA L., BABICKOVA K., FALDYNA M. Transfer of humoral and cell-mediated immunity via colostrum in pigs. 10.1016/j.vetimm.2011.03.022.

- NICOLAS C., HUBERT V. La relaxine: une ancienne hormone trouve enfin ses récepteurs / The receptor for relaxin has finally been identified. [En ligne], Adresse URL: <http://id.erudit.org/iderudit/000457ar>, Consulté le 19/10/2009.
- NIELSEN O.L., PEDERSEN A.R., SORENSEN M.T. Relationships between piglet growth rate and mammary gland size of the sow. *Livest. Prod. Sci.*, 2001, **67**, 273-279.
- NOWAK R., POIRDRON P. From birth to colostrum early steps leading to lamb survival. *Repro. Nutr.*, 2006, **46**, 431-446.
- OUSEY J.C., ROSSDALE P.D., CASH R.S., WORTHY K. Plasma concentrations of progestagens, oestrone sulphate and prolactin in pregnant mares subject to natural herpes virus-1. *J. Reprod. Fert., Suppl.*, 1987, **35**, 519-528.
- PAKKANEN R., ALTO J. Growth factors and antimicrobial factors of bovine colostrum. *Int. Dairy J.*, 1997, **7**, 285-297.
- PEAKER M., ROSSDALE P.D., FORSYTH I.A., FALK M. Changes in mammary development and the composition of secretion during late pregnancy in the mare. *J. Reprod. Fert., Suppl.*, 1979, **27**, 555-561.
- PEARSON R.C., HALLOWELL A.L., BAYLY W.M. Times of appearance and disappearance of colostral IgG in the mare. *Am. J. Vet. Res.*, 1984, **45**, 186-190.
- PLAYFORD R.J., MACDONALD C.E., JOHNSON W.S. Colostrum and milk-derived peptide growth factors for the treatment of gastro-intestinal disorders. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2000, **72**, 5-14.
- PRUITT K.M., REITER B. Biochemistry of peroxidase system. In: Pruitt K.M., Tenovuo J. (Eds), The peroxidase system: chemistry and biology significance. Marcel Dekker: New York, 1985, 143-178.
- RABOISSON D., SCHELCHER F., FOUCRAS G. Les cellules du colostrum: quel rôle dans la défense du veau nouveau-né? *Nouv. Prat. Vét. Elevage et santé* Octobre/Janvier 2008, 2008, 13-17.
- RAINARD P., RIOLLET C. Innate immunity of the bovine mammary gland. *Vet. Res.*, 2006, **37**, 369-400.
- RAUPRICH A.B.E., HAMMON H.M., BLUM J.W. Influence of feeding different amounts of first colostrum on metabolic, endocrine, and health status and on growth performance in neonatal calves. *J. Anim. Sci.*, 2000, **78**, 896-908.

- ROMERO T., BELTRAN M.C., RODRIGUEZ M., MARTI DE OLIVES A., MOLINA M.P. Goat colostrum quality: Litter size and lactation number effects. *J Dairy Sci.*, 2013, 96, 7526-7531.
- ROSSDALE P.D., MCGLADDERY A.J., OUSSEY J., HOLSTOCK N. Increase in plasma progestagen concentrations in the mare after fetal injection with CRH, ACTH or beta methasone in late gestation. *Equine Vet. J.*, 1992, **24**, 347.
- SBOUI A., KHORCHANI T., DJEGHAM M., BELHADJ O. Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. *Afrique Sci.*, 2009, **05**, 293-304.
- SCAMMELL A.W. Production et utilisation de colostrum. *Aust. J. Dairy Technol.*, 2001. **56**, 74-82.
- SCHAMS D., EINSPANIER R. Growth hormone, IGF1 and insulin in mammary gland secretion before and after parturition and possibility of their transfer into the calf. *Endocr. Regul.*, 1991, **25**, 139-143.
- SCHEERLINCK J.P.Y., CAHAPLIN P.J., WOOD P.R. Ovine cytokines and their role in the immune response. *Vet. Res.*, 1998, **29**, 369-383.
- SENGER P.L. Pathways to pregnancy and parturition. Washington: Concurrent Conceptions, Inc, 2003, 368p.
- SLEBODZINSKI AB, NOWAK J., GAWECKA H., SECHMAN A. Thyroid hormones and insulin in milk; a comparative study. *Endocrinol Exp.* 1986, 20, 247-255.
- SERIEYS F. Le colostrum de vache. Smithkline-Beekham: Ploufragan, 1993, 88 p.
- SHERWOOD O.D. Relaxin. In: Knobil E., Neill J.D., Physiology of reproduction. Raven press: New York, 1994, 861-1009.
- SHERWOOD O.D. Relaxin's physiological roles and other diverse actions. *Endocr. Rev.*, 2004, 25, 205-234.
- SILIM A., REKIK M.R., ROY R.S., SALMON H., PASTORET P.P. Immunité chez le fœtus et le nouveau-né. In: Pastoret P-P, Govaerts A, Bazin H. (Eds), Immunologie animale. Flammarion: Paris, 1990, 197-204.
- SINGH K., ERDMAN R.A., SWANSON K.M., MOLENAAR A.J., MAQBOOL N.J., WHEELER T.T., ARIAS J.A., QUINN-WALSH R.C., SELWAGEN K. Epigenetic Regulation of Milk Production in Dairy Cows. *J. Mammary Gland. Biol. Neoplasia*, 2010, 15, 101-112.

- SINHA Y.N., TUCKER H.A. Mammary development and pituitary prolactin level of heifers from birth through puberty and during estrous cycle. *J. Dairy Sci.*, 1969, **52**, 507-512.
- SMITH G.H., CHEPKO G. Mammary epithelial stem cells. *Microsc. Res. Tech.*, 2001, **52**, 190-203.
- SOCIE-JACOB M. Evaluation de l'impact de la vaccination de la brebis contre l'entérotoxémie sur l'immunité colostrale chez l'agneau (Mémoire de stage de troisième doctorat en médecine vétérinaire). Année académique, 2006-2007, 79 p.
- STRBAK V., GIRAUD P., RESETKOWA E., OUAFIK L. H., DUTOUR A., OLIVIER C., POVAZANOVA K., RANDUSKOVA A. Thyroliberin (TRH) and TRH free acid (TRH-OH) presents in milk do not originate from local synthesis in mammary gland. *Endocr Regul.*, 1991, **25**, 134-138.
- THIRY E., DOUART A. Les stratégies de vaccinales pour la prévention des pathologies respiratoires. Dans proceedings des Journées Nationales des Groupements Techniques vétérinaires de Clermont Ferrand du 30 Mai au 1^{er} Juin 2001, Ed SNGT Yveto, 2001, 145-157.
- THIRY E., SCHYNTS F., LEMAIRE M. Caractéristiques du système immunitaire du fœtus bovin et du veau nouveau-né. Implications dans la prévention et le diagnostic des infections d'origine virale. *Ann. Méd. Vét.*, 2002, **146**, 5-232.
- TSLOULPAS A., GRANDISON A.S., LEWIS M.J. Changes in Physical Properties of Bovine Milk from the Colostrum Period to Early Lactation. *J. Dairy Sci.*, 2007, **90**, 5012-5017.
- TUCKER H.A. Physiological control of mammary growth, lactogenesis, and lactation. *J. Dairy Sci.*, 1981, **64**, 1403-1421.
- TUCKER H.A. Hormones, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *J Dairy Sci.*, 2000, **83**, 874-884.
- VEISSIER I., SARIGNAC C., CAPDEVILLE J. Les méthodes d'appréciation du bien-être des animaux d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 1999, **12**, 113-121.
- VILJOEN M. Lactoferrin: a general review. *Haematologica*, 1995, **80**, 252-267.
- WEBER M.S., BOYLE P.L., CORL B.A., WONG E.A., GWAZDAUSKAS F.C., AKERS R.M. Expression of ovine of insulin-like growth factor-I (IGF-I) stimulates peripuberta development of alveolar buds in mammary glands of transgenic. *Endocrine*, 1998, **8**, 251-259.

- WEBER M.S., PURUP S., VESTERGAARD M., AKERS R.M., SEJRSEN K. Regulation of local synthesis of insulin-like growth factor-I and binding proteins in mammary tissue. *J. Dairy Sci.*, 2000, **83**, 30-37.
- WEISS W.P., COLENBRANDER V.F., CUNNINGHAM M.D. Maternal transfer and retention of supplemental selenium in neonatal calves. *J. Dairy Sci.*, 1984, **67**, 416-420.
- WEST J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 2003, **86**, 2131-44.
- WINN R.J., BAKER M.D., MERLE C.A., SHERWOOD O.D. Individual and combined effects of relaxin, estrogen and progesterone in ovariectomized gilts. II. Effects on mammary development. *Endocrinology*, 1994, **135**, 1250-1255.
- WOLFENSON D., FLAMENBAUM I., BERMAN A. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. *J. Dairy Sci.*, 1988, **71**, 809-818.
- YAMAUCHI K., TOIMITA M., GIEHL T.J., ELLISON R.T. Antibacterial activity of lactoferrin and a pepsin-derived lactoferrin peptide fragment. *Infection and Immunity*, 1993, **61**, 719-728.
- ZALESKI H.M., WINN R.J., JENNINGS R.L., SHERWOOD O.D. Effects of relaxin on lactational performance in ovariectomized gilts. *Biol. Reprod.*, 1996, **55**, 671-675.
- ZARROUK A., SOUILEM O., DRION P.V., BECKERS J.F. Caractéristiques de la reproduction de l'espèce caprine. *Ann. Méd. Vét.*, 2001, **145**, 98-105.
- ZAHARIA N., SALAMON R., PASCAL C., SALMON S., ZAHARIA R. Changes in fatty acid composition and cholesterol content of goat colostrum. *Biotech. Anim. Husbandry*, 2011, **27**, 1201-1208.
- ZHAO X., LACASSE P. Mammary tissue damage during bovine mastitis: Causes and control. *J. Anim. Sci.*, 2008, **86**, 57-65.

Tableau I: Composants chimiques majeurs du colostrum et du lait de quelques grands mammifères domestiques.

Espèces animales	Composants (g/l)				Références	
	Protéines	Lipides	Lactose	Minéraux		
Colostrum		160,0	50,0	30,0	12,0	(Levieux, 1999)
		145,6	62,4	28,1	-	(Foley et Otterby, 1978)
	Vache	41,0	41,5	36,5	-	(Kulkarni et Pimpale, 1989)
		133,0	64,0	-	18,0	(Blum et Hammon, 2000)
		140,0	67,0	27,0	11,1	(Gopal <i>et al.</i> , 2000)
		68,3	73,2	46,0	9,1	(Hadjipanayiotou, 1995)
	Brebis	55,0	70,0	50,0	9,0	(Nowak et Poindron, 2006)
		70,0	70,0	50,0	9,0	(Marzo, 2007)
	Chèvre	54,1	61,5	44,3	8,7	(Hadjipanayiotou, 1995)
	Truie	94,6	50,0	45,7	-	(Le Dividich <i>et al.</i> , 1989)
Lait		30,5	32,5	40,2	6,7	(Sboui <i>et al.</i> , 2009)
	Vache	31,3	32,8	-	7,1	(Hadjipanayiotou, 1995)
		35,0	39,0	4,9	8,0	(Levieux, 1999)
		32,0	39,0	-	7,0	(Blum et Hammon, 2000)
	Brebis	55,5	47,3	-	9,0	(Hadjipanayiotou, 1995)
		37,5	45,0	42,5	9,0	(Marzo, 2007)
	Chèvre	39,3	41,0	-	8,0	(Hadjipanayiotou, 1995)
	Truie	51,0	43,0	38,0	-	(Le Dividich <i>et al.</i> , 1989)

(-): Pas de résultat

(Échantillons du colostrum récoltés avant la première tétée du nouveau-né pour les uns et pour d'autres au plus tard dans les 24 heures suivant la parturition).

Tableau II: Immunoglobulines du colostrum et du lait de quelques grands mammifères domestiques.

	Espèces animales	Immunoglobulines (g/l)				Références
		IgG1	IgG2	IgA	IgM	
Colostrum	Vache	80,0	-	2,0	3,0	(Serieys, 1993)
	Vache Holstein	22,7	9,4	-	4,0	(Andrew, 2001)
	Vache	46,4	2,9	5,4	6,8	(Thiry <i>et al.</i> , 2002)
	Vache Holstein	35,0	6,0	1,7	4,3	(Kehoe <i>et al.</i> , 2007)
	Vaches Swedish F.	90,0	2,8	1,6	4,5	(Elfstrand <i>et al.</i> , 2002)
	Brebis	60,1	15,8	1,0	2,0	(Serieys, 1993)
	Chèvre	47,6	-	4,3	5,0	(Levieux <i>et al.</i> , 2001)
	Truie	59,0	2,8	9,0	1,5	(Serieys, 1993)
Lait	Vache	3,1	3,2	-	0,6	(Andrew, 2001)
		0,5	0,03	0,02	0,1	(Elfstrand <i>et al.</i> , 2002)

(-): Pas de Résultat

Échantillons du colostrum récoltés avant la première tétée du nouveau-né pour les uns et pour d'autres au plus tard dans les 24 heures suivant la parturition).

Tableau III: Principales hormones du colostrum et du lait de vache.

Hormones	Teneur ($\mu\text{g/l}$)		Références
	Colostrum	Lait	
IGF-1	1050,0	22,9	(Elfstrand <i>et al.</i> , 2002)
	310	2	(Blum et Hammon, 2000)
IGF-2	400,0	9,9	(Parkkanen et Alto, 1997)
	150	-	(Blum et Hammon, 2000)
Prolactine	280,0	15,0	(Blum et Hammon, 2000)
TGF- β 2	200,0	1,5	(Elfstrand <i>et al.</i> , 2002)
GH	60,0	2,5	(Einspanier et Schams, 1991)
	1,4	1	(Blum et Hammon, 2000)
Insuline	65	1	(Blum et Hammon, 2000)
	100,0	2,5	(Schams et Einspanier, 1991)
GnRH	11,8	3,9	(Amarant <i>et al.</i> , 1982)
TRH	0,2	0,05	(Strbak <i>et al.</i> , 1991)
T3		0.33	(Slebodzinski <i>et al.</i> , 1986)
T4		1.55	(Slebodzinski <i>et al.</i> , 1986)

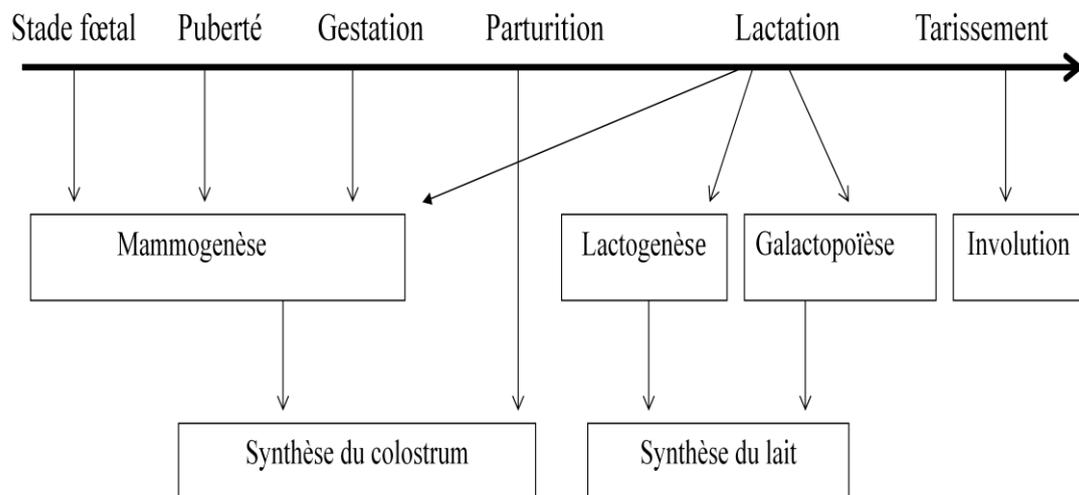


Figure 1: Processus aboutissant à la sécrétion du colostrum puis du lait.

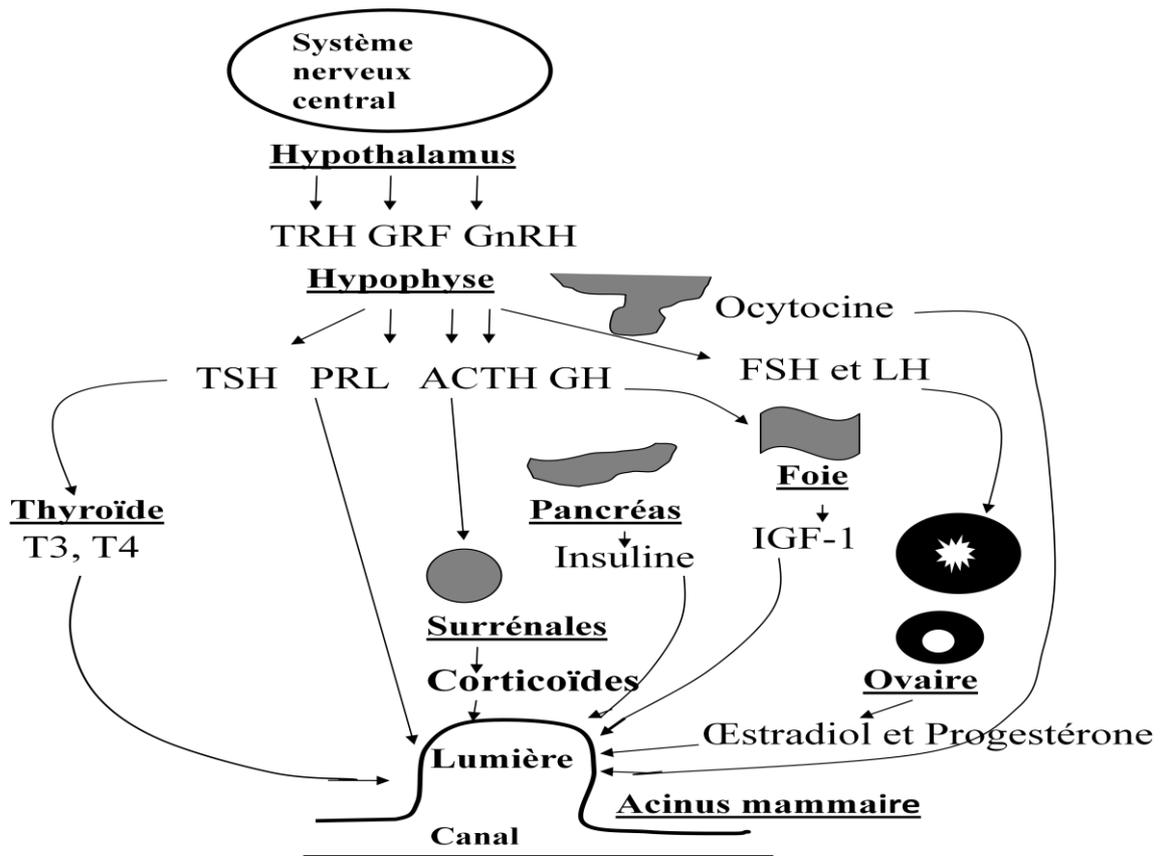


Figure 2: Interactions hormonales simplifiées intervenant dans le développement de la mamelle et dans le déclenchement et l'entretien des sécrétions mammaires (adapté de Bousquet, 1993).

ACTH: Adrenocorticotrophic Hormone

GH: Growth Hormone

GRF: Growth Hormone Releasing Hormone

GnRH: Gonadotropin Releasing Hormone

FSH: Follicle Stimulating Hormone

IGF: Insulin Growth Factor

LH: Luteinizing Hormone

PRL: Prolactin

TSH: Thyroid-Stimulating Hormone

TRH: Thyroid-Releasing Hormone

T3: Tri-iodothyronine

T4: Quadri-iodothyronine

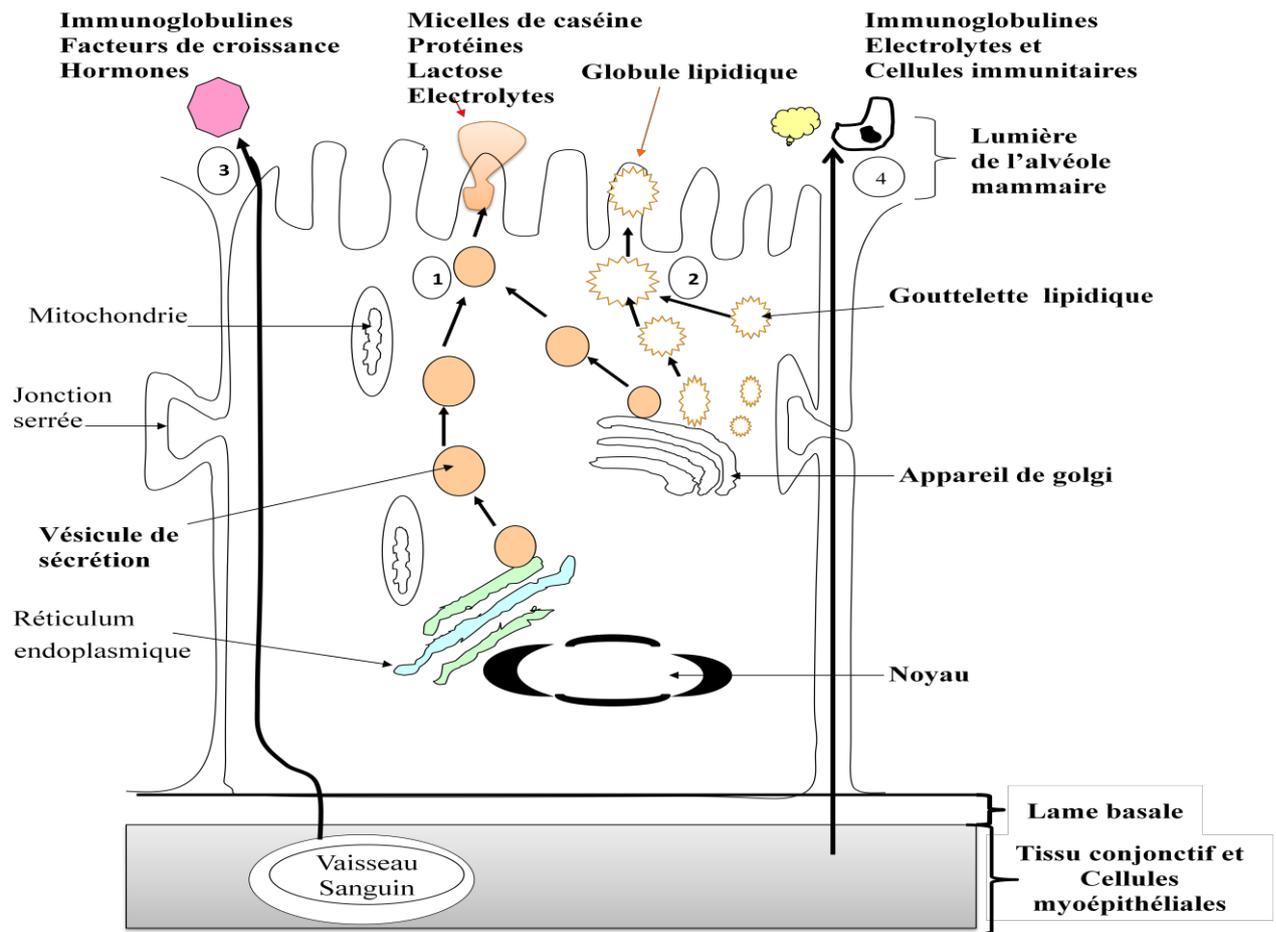


Figure 3: Structure d'une cellule épithéliale mammaire et mécanisme de sécrétion des constituants du colostrum (adapté de Delouis *et al.*, 2001). Les constituants du colostrum sont sécrétés dans la lumière des alvéoles à partir de quatre voies principales: exocytose (1), sécrétion de gouttelettes lipidiques par enrobage de la membrane cellulaire (2), voie trans-cellulaire (3) et voie para-cellulaire (4).

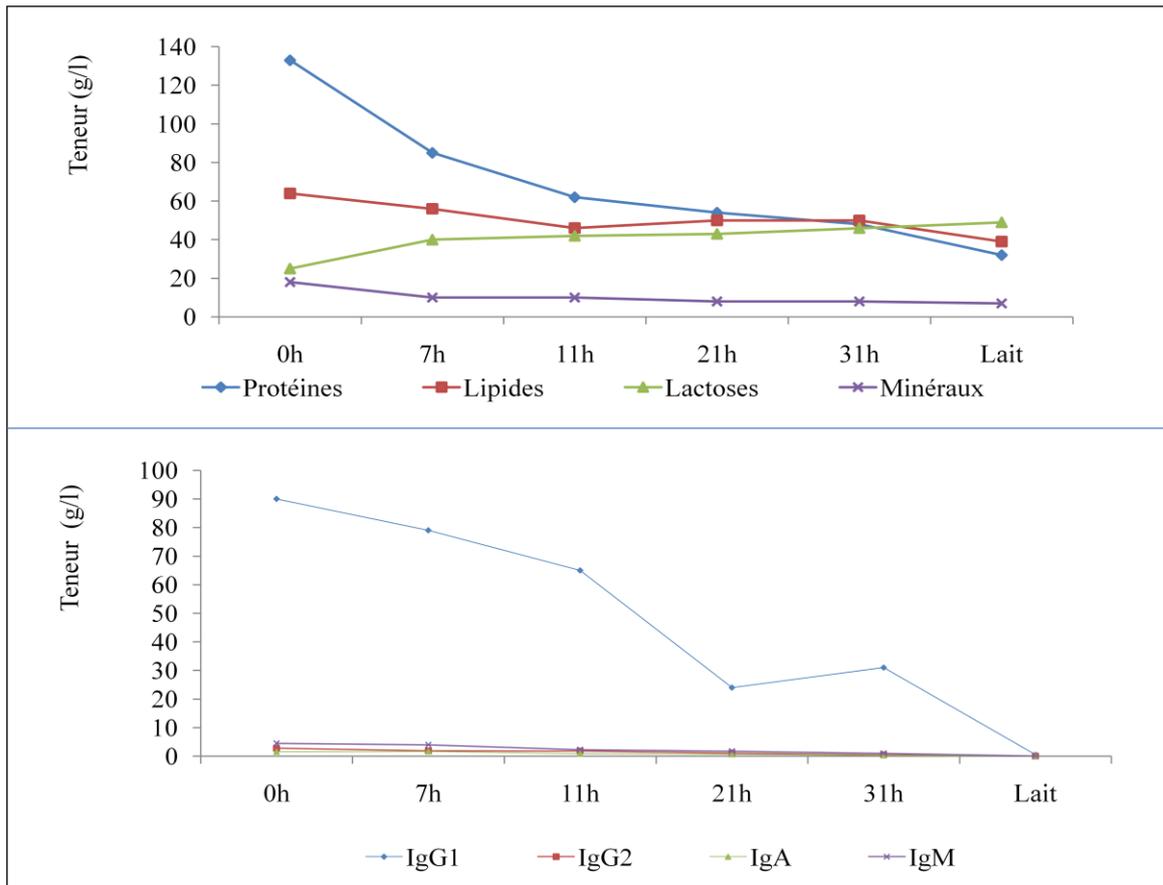


Figure 4: Evolution de la composition chimique du colostrum et du lait de vache en fonction du temps (d'après Blum et Hammon, 2000 ; Elfstrand *et al.*, 2002).

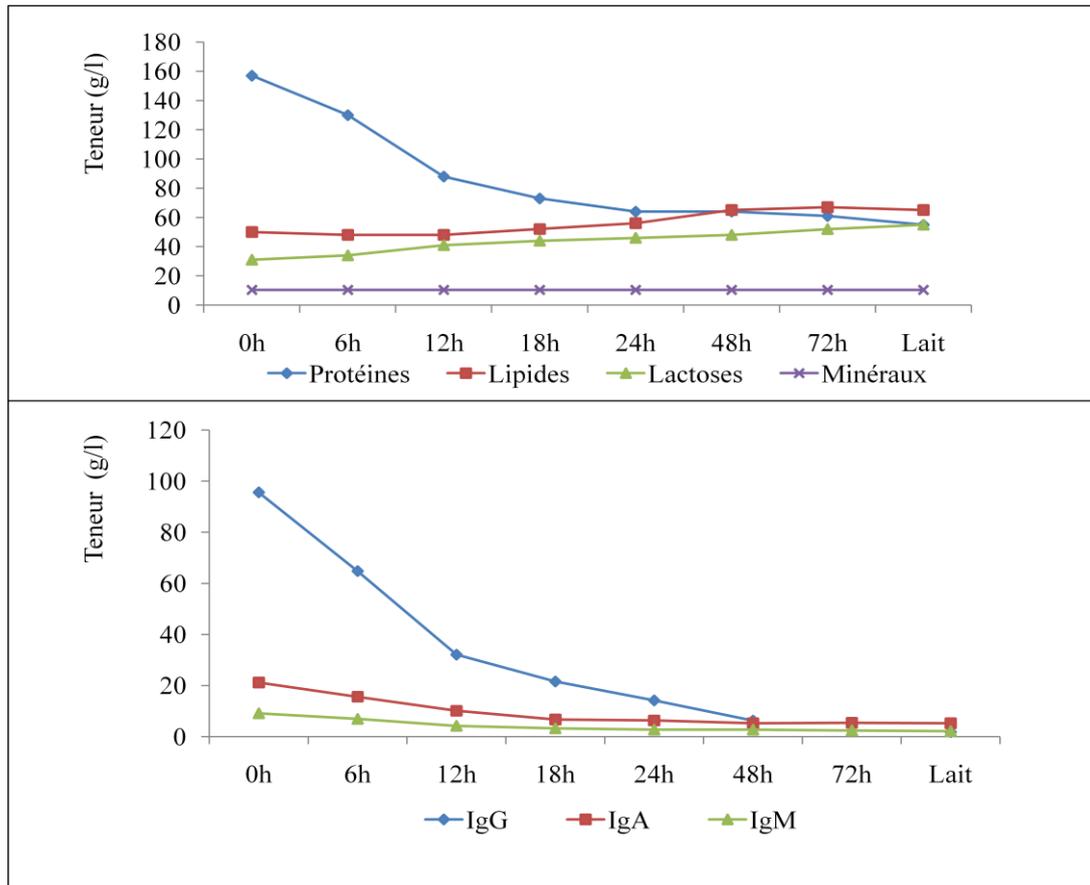


Figure 5: Evolution de la composition chimique du colostrum et du lait de truie en fonction du temps (d'après Klobasa *et al.*, 1987).

DEUXIÈME-PARTIE: ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Manuscrit 2 Code: AGR130933 accepté pour publication dans Animal Genetic Resource (Revue de la FAO)

Chapitre III: Chemical composition of colostrum from Azawak cow in Niger compared with meta-analytical data.

Abstract:

This study aimed at comparing data obtained from Azawak zebu colostrum with literature data. The comparison was performed by a meta-analytical approach. Colostrum samples were hand-collected after 5 h from 7 Azawak cows at calving between August 27, to September 10, 2009 in the Sahel. For data from literature, twenty one (21) references were identified in the following analytical databases: PubMed, Science Direct, Google scholar, Collection from University of Liege. The references were selected according to the following two criteria: i) only studies reported on bovine colostrum were used irrespective of breeds, and ii) among the selected studies, those not providing complete information to allow meta-analytical calculation were excluded. Samples were analyzed for immunoglobulins (IgG, IgM, IgA), lactoferrin, and chemical composition (dry matter, protein, fat, lactose, ash, Ca, P, Na, K, Mg). The mean levels of IgG, IgM, dry matter, protein and fat for Azawak cows were lower ($P < 0.001$) than those obtained in other breeds; however colostrum from the Azawak was higher in IgA but the difference was not significant. For lactose and ash, mean values for Azawak cows were higher ($P < 0.001$) than those from the literature. Contents of Ca, P, Na and Mg in Azawak bovine colostrum were significantly higher ($P < 0.001$) than the mean levels in form the literature data. In conclusion, the colostrum from Azawak cows appears to be lower in most immunoglobulins, in fat and in protein than the values reported in the literature, but higher in lactose and minerals. This could be an adaptation to sahelian constraints.

Keywords: Azawak, bovine breeds; colostrum; chemical composition; immunoglobulin.

Résumé:

Ce travail visait à comparer les données obtenues avec le colostrum du zébu Azawak à celles obtenues dans la littérature et ceci en utilisant une approche méta-analytique. Des échantillons de colostrum ont été récoltés par traite manuelle au cours des vêlages entre le 27 août et le 10 septembre 2009 dans le Sahel, à partir de 7 zébus Azawak. Pour les données de la littérature, vingt et un (21) des références ont été identifiées dans les bases de données analytiques (PubMed, Science Direct, Google Scholar, Collection de l'Université de Liège). Les références ont été sélectionnées selon les deux critères suivants : i) les études rapportées sur le colostrum bovin ont été utilisées sans distinction de races, et II) parmi les études sélectionnées celles ne comportant pas des informations complètes pour permettre le calcul méta-analyse ont été exclues. Les échantillons ont été analysés pour immunoglobulines (IgG, IgM, IgA), la lactoferrine, et la composition chimique (matière sèche, protéine, lipide, lactose, Ca, P, K, Na et Mg). Les concentrations moyennes d'IgG, d'IgM de matière sèche, de protéines et matières grasses pour le zébu Azawak présentaient des valeurs plus faibles ($P < 0,001$) que celles obtenues chez d'autres races, mais elles ont des niveaux plus élevés en IgA ($P > 0,05$), lactose et cendre brut ($P < 0,001$). Les teneurs en minéraux solubles (Ca, P, K, Na et Mg) du colostrum du zébu Azawak étaient significativement plus élevées ($P < 0,001$) que les niveaux moyens des données de la littérature recueillies. En conclusion, comparé aux données de littérature, le colostrum de vache Azawak semble être plus pauvre en immunoglobuline, en lipides et en protéines, mais plus riche en lactose et en minéraux. Il se pourrait qu'il s'agisse d'une adaptation de la race au milieu sahélien.

Mots-clés: Azawak, races bovines; colostrum; composition chimique; immunoglobulines.

Resumen:

Este estudio tiene como objetivo comparar los datos obtenidos a partir de cebú Azawak calostro con datos de la literatura, para uso heterólogo en pequeños rumiantes. La comparación se realiza, utilizando un enfoque meta-analítico. Muestras de calostro fueron recogidos a mano durante el parto entre agosto 27 y septiembre, el 10 de 2009 en el Sahel, de 7 Azawak vacas. Para los datos de la literatura, veintiuno (21) referencias se identificaron en las siguientes bases de datos analíticos: PubMed, Science Direct, Google scholar, Colección de la Universidad de Lieja. Las referencias han sido seleccionados de acuerdo con los dos criterios siguientes: i) sólo estudios informaron sobre el calostro bovino se utilizaron independientemente de razas, y ii) entre los estudios seleccionados los que no proporcionan información completa para permitir el cálculo meta-analítica fueron excluidos. Las muestras se ensayaron para inmunoglobulinas (IgG, IgM, IgA), lactoferrina, y la composición química (materia seca, proteína, lípido, lactosa, ceniza bruta, calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio). Los niveles medios de IgG, IgM, materia seca, proteína y grasa de vaca Azawak fueron menores ($P < 0,001$) que los obtenidos en otras razas, pero fue mayor para IgA ($P > 0,05$). En el caso de la lactosa y cenizas, los valores medios de las vacas Azawak fueron más altos ($P < 0,001$) que los de la literatura. Contenido de Ca, P, Na y Mg en Azawak calostro bovino fueron significativamente mayores ($P < 0,001$) que los niveles medios en datos de la literatura.. El calostro de Azawak se aparece contenir menos inmunoglobulin, gasa y proteína que los datos de la literatura, pero mas lactose y cenizas. A lo mejor, se podría estar un adaptacio al medio Sahelian.

Palabras clave: Azawak, bovino razas, calostro, la composición química, las inmunoglobulinas.

Introduction

In Niger, breeding of small ruminants is the main economic activity for more than 6 million farmers. The health of their livestock is of paramount importance. At birth, the survival of newborns is essentially determined by the ingestion of colostrum (Berge *et al.*, 2009). It provides nutrients and antibodies for the transitional protection against external aggressions, but also growth factors and hormones (Kuralkar and Kuralkar, 2010). In ruminants, a high variability and rapid changes in the composition of colostrum over time, as well as inter-specific differences have been reported (Hadjipanayiotou, 1995; Abdel-Fattah *et al.*, 2012; Hawken *et al.*, 2012). This variability may be related to factors such as nutrition (Kaewlamun *et al.*, 2011), especially during the last week before parturition (Hawken *et al.*, 2012). In addition, it is known from the literature that colostrum production is abundant in cattle, and that it is possible to use it to improve the health status of small ruminants (Godden *et al.*, 2009; Machado-Neto *et al.*, 2011). This study aimed at comparing data obtained from Azawak zebu colostrum with literature data. The comparison was performed by a meta-analytical approach. Zebu Azawak, whose females are known in Sahel for their good milking skills (Seydou, 1981) is native from north Niger (Joshi *et al.*, 1957). This breed also spread in other countries, especially in the area of Menaka (Mali), Burkina Faso and north of Nigeria (Guro and Yenikoye, 1991). The zebu Azawak is an animal of medium size (1.3 m at the withers). In very good conditions and intensive breeding, Azawak cow can produce on average 12 liters of milk per day (Seydou, 1981). The dressing out percentage is 48 to 52 %. The question is thus raised whether the Azawak cow could be considered as a good colostrum provider, when compared to other breeds.

A meta-analysis was performed. Meta-analysis is a statistical method that synthesizes data from studies on a particular subject where there are contrasting results. This statistical method shows the effect of treatment in cases where the studies taken individually do not lead to a conclusion because there are no statistically significant results. Meta-analysis seeks to gather an exhaustive list of conflicting data and to remove possible mistakes. In addition, it highlights study data by comparing them with those of trials referring to similar experiments as it is the case in the present study.

Materials and methods

Animals

Seven multiparous cows (mean age 8 ± 0.8 years) of Azawak zebu breed were used during calving between August 27, to September 10, 2009. Animals had lactation numbers between 2 and 4. Except one animal coming from a private farm in Niamey, cows were (4) from the Farm Station of Kirkissoye (FSK) in Niamey and two (2) from the Sahelian experimental station of Toukounous (SSET) located

200 km North of Niamey (14°31 North and Longitude 3°18 East). They were vaccinated against Contagious Bovine Pleuropneumonia (CBPP). At FSK, farming was conducted in stables where the main diet consists of *Echinochloa stagnina* complemented, with wheat, cottonseed, cottonseed meal, peanut meal, brewer's spent grains and licks. Feed was provided *ad libitum*. Animals of SSET were on pasture, dominated by grasses (*Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula*, *Schoenfeldia gracilis*, *Panicum laetum*) and woody (*Maerua crassifolia*, *Salvadora persica*), according to Chaibou (2005). Pregnant and lactating females were supplemented with cotton seed (2 kg) during the dry season.

Colostrum collection

Colostrum samples were taken in the first 5 hours after calving by hand milking before calves suckled, collected in containers and packed in appropriate tubes before being stored in a freezer at -20°C before analysis. The cold chain was never interrupted during this period. During the journey from Niamey to Liege, samples were taken in a thermos with ice.

Chemical analysis

Immunoglobulin (Ig) and lactoferrin (Lf) contents (g/L) in colostrum were measured at the Center of Rural Economy of Marloie (Belgium) by ELISA, following the manufacturer's recommendations (Bethyl® quantitative sandwich ELISA, USA). Dry matter (DM), crude ash, nitrogen-free extract (NFE), ether extract (EE) and total nitrogenous matter (TNM) were measured according to the methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). Calcium (Ca) and magnesium (Mg), were determined by atomic absorption, potassium (K) and sodium (Na) by flame emission and phosphorus (P) by a spectrophotometry.

Meta-analytic data collection

Meta-analytical means were calculated from data collected from the literature. Only studies on bovine colostrum were used, regardless of breed. Among the selected studies, those not providing complete information to allow meta-analytical calculation were excluded. In other words, all studies that do not indicate the number of animals used or in which average values are not accompanied by indicators of variation (standard deviation, standard error) were discarded. Twenty one (21) references were identified in analytical databases (PubMed, Science Direct, Google scholar, Collection from

University of Liege). Table 1 summarizes the materials (animals and experimental design) used by the authors during their studies. It refers to number of animals used, area or country, time of colostrum collection after birth, stage of lactation, and feed.

Data Analysis

Averages and standard deviations of data were calculated.

Meta-analytical data were obtained according to the method proposed by Cucherat *et al.* (2000), in which a literature general mean is obtained by the following formula:

$$M = \frac{\sum M_i W_i}{\sum W_i}$$

Where:

M_i = published mean related to author i.

W_i = the inverse of the variance of the mean associated to with M_i .

$$W_i = \frac{n_i}{s^2_{x_i}}$$

n_i = number of animals used to obtain the published value M_i .

s^2 = Variance of the mean M_i .

When the standard deviation (SD) was available, W_i was calculated as n_i/SD^2 .

When the standard error (SE) was available, W_i was computed as $1/SE^2$.

Finally, the confidence interval of the meta-analytic mean (CI) was estimated by:

$$IC = \pm 1.96 \sqrt{\frac{1}{\sum w_i}}, \sqrt{\frac{1}{\sum w_i}} \text{ representing the synthetic SE from the literature.}$$

The experimental and meta-analytic means were finally compared by the student's t-test, using the SE of the data obtained from our analysis, and the synthetic SE from the literature.

Results

Figure 1 presents the mean levels \pm standard error of immunoglobulins and lactoferrin in the colostrum of Azawak and other bovine breeds. The value for IgA, obtained in the current study was numerically higher than the mean value of the synthesized data. For IgG and IgM, the mean value of data obtained in the literature was significantly higher ($P < 0.001$) than the mean obtained for Azawak, while for lactoferrin the means were not significantly different (0.2 ± 0.1 g/L vs 0.03 ± 0.3 g/L).

In the case of DM, the mean of data reported in literature was significantly higher ($P < 0.001$) than that of Azawak cows (Figure 2). For protein and fat, the mean levels found in the literature were also higher ($P < 0.05$) than those of Azawak zebu cows (Figure 2). In the case of lactose and ash, mean values of Azawak cows were higher ($+12.2$ g/kg DM; $+1.3$ g/kg DM; $P < 0.001$ respectively) than those from literature.

As far as soluble minerals are concerned, colostrum contents from Azawak for Ca, P, K, Na and Mg were significantly higher ($+0.7$ g/kg DM; $+0.9$ g/kg DM; $+0.1$ g/kg DM, $+0.3$ g/kg DM; $+0.2$ g/kg DM $P < 0.001$ respectively) than the mean levels of literature data (Figure 3).

Discussion

The meta-analysis showed that the average values of the synthesized data were significantly higher than that of Azawak zebu for immunoglobulin (IgG and IgM), DM, protein and ether extract. By contrast, IgA, lactose, ash and all soluble mineral contents observed in the Azawak colostrum were numerically or significantly higher than those reported in other breeds of cattle. These differences may be related to several factors. It is well known that nutrients, minerals and immunoglobulin in colostrum vary according to rank of lactation (Zarculars *et al.*, 2010; Abdou *et al.*, 2012), breed, nutritional status (Kaewlamun *et al.*, 2011), climate (Westra and Wahyudi, 2009), and season (Abdel-Fattah *et al.*, 2012).

At first sight, these variations may be related to *pre-partum* (pregnancy) management of cow. The antibody concentration may vary due to a period of abnormal dry, or no stop milking before calving, or pathogen pressure. It was reported in literature (Brandon and Lascelles, 1975; Remond *et al.*, 1997; Rastani *et al.*, 2005) that cows which are milked during late pregnancy do not renew their secretory epithelium and are unable to concentrate their IgG1 secretion. According to Serieys (1993), in cows, a minimum of 25 days of drying is necessary for a renewal of the mammary epithelium cells that are responsible for the transfer and accumulation of Ig in the udder.

The rank of lactation could probably not explain the results of this study because the two groups of animals were generally at a similar rank (2-4). However, it is possible to establish a relationship

between breed and the effects observed. It is known from the literature (West, 2003; Chaibou, 2005) that breeds in tropical countries have a lower genetic merit than those in areas with temperate climates. The majority of breeds listed in this meta-analysis are from countries with temperate climates. This may explain the low level of some Ig in Azawak bovine colostrum (Nardone *et al.*, 1997 ; West, 2003).

Environmental (Nardone *et al.*, 1997; West, 2003) effects, particularly feed, could also explain the difference in Ig observed between Azawak cow and other breeds. Although Azawak cows are reared on farms, their maintenance requirements are provided through natural pasture and crop residues with low nutritional value and agro-industrial by-products. Breeding conditions are so precarious that the animals are hardly able to fulfill all of their performances. In addition, climatic factors could directly affect animal performance (West, 2003) since they interfere with homeothermy. Prolonged hyperthermic stress causes a reduction in the secretion of many hormones (thyroxine, growth hormone, insulin, sex hormones, prolactin) involved in the metabolism (Wolfensohn *et al.*, 1988; Collier *et al.*, 1991).

It appears that changes in these hormones are sensitive to change (high or low) in prevailing temperature. Thermal variation in Niger ranges from a minimum of 25°C and a maximum of 45 and even 47°C. It is possible that in the Azawak cow, the levels of some hormones involved in the mechanism of colostrum secretion were reduced. All these reasons indicated above could explain the differences observed between the composition of Azawak cow colostrum and that of other breeds used in the meta-analysis. Several studies (Hadjipanayiotou, 1995; Abdel-Fattah *et al.*, 2012; Hawken *et al.*, 2012) have focused on changes in the chemical composition of cow colostrum after calving. Thus, the variations observed could be finally attributed to factors such as endocrine hormones alteration. It is known that estrogens, especially 17-estradiol, the serum concentration of which increases during the dry period, achieve a peak just before parturition, and have an essential role in the development of new mammary epithelial cells (Derivaux *et al.*, 1976; Toker, 2000), which also possess receptors for IgG1 (Serieys, 1993). A study conducted by Sheldrake *et al.* (1984) showed that exogenous 17-estradiol and progesterone in non-pregnant dry cows induce a lobulo-alveolar development of the mammary gland. In a previous study, Delouis (1978) found that rapid induction of parturition in cows in late gestation by administration of corticosteroids or a combination of steroids and estradiol may bring colostrum a best one.

Regarding the determination of immunoglobulins (IgG, IgA, and IgM) and lactoferrin, some authors used the radial immunodiffusion technique while others applied the ELISA method, but from different manufacturers. For example, Elfstrand *et al.* (2002) measured all individual colostrum samples through the IR technique (CombiFoss 5000, Foss Electric A/S, and Hillerød, Denmark). Nutrients

(protein, fat, lactose, ash) and soluble minerals (Ca, P, K, Na, and Mg) were analyzed with methods similar to those used in the current study.

By contrast to other Ig whose levels from Azawak were lower than synthesized data, the average IgA concentration in the current study was similar to litterature. There exists relationships between IgA production and the exposure of mucosas of the mother to external antigens. May be a high ambient infectious pressure existing in Niger could explain the proportionnaly higher IgA levels when compared to IgG and IgM. The average concentration of lactoferrin in Azawak bovine colostrum was similar to that obtained in the colostrum of cattle breeds used in the meta-analysis.

Colostrum quality can also be influenced by diseases such as mastitis (Maunsell *et al.*, 1998) or/and dietary unbalance (f.e., vitamin E or selenium) during the dry (Zarcula *et al.*, 2010). The differences observed between the Azawak cows and the mean of synthesis data from literature can be also explained either by the fact that the Azawak cow would naturally tend to produce a rather poor colostrum dry matter , in order to bring out quickly water to his young. Colostrum sampling could also be performed too late relative to calving but it is not the case in this experiment. It is also clear that the distribution of means from the litterature, although normal, was very narrow. However, the statistical test used in meta-analysis take into account this phenomenon. Moreover, the larges differences between the meta-analytical mean and the mean of our measures remain a reality.

Colostrum of goat tends to be poorer in solids and immunoglobulins than cow (Hadjipanayiotou 1995; Levieux *et al.*, 2001; Machado -Neto *et al.*, 2011). It can therefore be inferred that the kid could tolerate adequately the Azawak colostrum. However there are some uncertainties with respect to the justification of using Azawak colostrum in goats, based only on the dry matter content. Further experiments should be performed in that senses.

Conclusion

The current study has shown that the level of antibodies and nutrients in Azawak colostrum is lower to those reported in the literature. By contrast, for IgA, lactose and soluble minerals, a similar levels or significant difference was observed in favor of Azawak cow. In conclusion, the colostrum from Azawak cows appears to be lower in most immunoglobulins, in fat and in protein than the values reported in the literature, but higher in lactose and minerals. This could be an adaptation to the sahelian contrsraints.

Acknowledgements:

This work was funded by the Belgian Technical Cooperation (BTC). The authors wish to thank the organization. My thanks are also addressed to the laboratory team of Marloie (Belgium) for their collaboration.

References

- Abdou, H., Marichatou, H., Beckers J-F., Dufrasne, I. & Hornick, J-L. 2012. Physiologie de la production et composition chimique du colostrum des grands mammifères domestiques: généralités. *Annales Médecine Vétérinaire* 156: 87-98.
- Abdel-Fattah, A.M., Abd-Rabo, F.H.R., El-Dieb, S.M. & El-Kashef, H.A. 2012. Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *Veterinary Research* 8, 19.
- Andrew, S.M. 2001. Effect of Composition of Colostrum and Transition Milk from Holstein Heifers on Specificity Rates of Antibiotic Residue Tests. *Journal of Dairy Science* 84: 100-106.
- AOAC, 2006. *Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis*, K-INTDF, 18th edition, Arlington, VA, USA, 28p.
- Beighle, D.E. 1999. The effect of gestation and lactation on bone calcium, phosphorus and magnesium in dairy cows. *Journal of the South African Veterinary Association* 70: 142-146.
- Berge, A.C.B., Besser, T.E., Moore, D.A. & Sischo, W.M. 2009. Evaluation of the effects of oral colostrum supplementation during the first fourteen days on the health and performance of preweaned calves. *Journal of Dairy Science* 92: 286-295.
- Brandon, M.R., Lascelles, A.K. 1975. The effect of pre-partum milking on the transfer of immunoglobulin into mammary glands of cows. *Australian Journal of Experimental Biology & Medical Science* 53: 197-204.
- Chaibou, M. 2005. *Productivité zootechnique du désert: le cas du bassin laitier d'Agadez au Niger* (Thèse de Doctorat ès sciences). Université de Montpellier II, Montpellier, France, 379p.
- Collier, R.J., Miller, M.A., Hildebrandt, J.R., Torkelsson, A., White, T.C., Madsen, K.S., Vicini, J.L., Eppard, P.J. & Lanza, G.M. 1991. Factors affecting insulin-like growth factor-2 concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science* 74: 2905-2911.
- Cucherat, M., Haugh, M.C., Gooch, M. & Boissel, J.P. 2000. Evidence of clinical efficacy of homeopathy. A meta-analysis of clinical trials. HMRAG. Homeopathic Medicines Research Advisory Group. *European Journal of Clinical. Pharmacology* 56: 27-33.
- Delouis, C. 1978. Physiology of colostrum production. *Annales de. Recherches Vétérinaire* 9: 193-203.

- Derivaux, J., Ectors, F. & Beckers J.F. 1976. Données récentes en gynécologie animale. *Annales Médecine Vétérinaire* 120: 81-102.
- Elstrand, L., Lindmark-Mansson, H., Paulssona, M., Nybergc, L., & Akesson, B. 2002. Immunoglobulin's growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. *International Dairy Journal* 12: 879-887.
- Ferdowsi Nia, E., Nikkhah, A., Rahmani, H.R., Alikhani, M., Mohammad Alipour, M. & Ghorbani, G.R. 2010. Increased colostrum somatic cell counts reduce pre-weaning calf immunity, health and growth. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94: 628-634.
- Gergiev, I.P. 2005. Alterations in chemical composition of colostrum in relationship to post-partum time. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine* 8: 35-39.
- Godden, M., Haine, D.M., Konkol, K. & Peterson, J. 2009. Improving passive transfer of immunoglobulin in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *Journal of Dairy Science* 92: 1758-1764.
- Gouro, S.A. & YENIKOYE A. 1991. Etude préliminaire sur le comportement d'œstrus et la progestéronémie de la femelle zébu (*Bos indicus*) Azawak au Niger. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 1: 100-103.
- Hadjipanayiotou, A.M. 1995. Composition of ewe, goat and cow milk and colostrum of ewe and goat. *Small Ruminant Research* 18: 255-262.
- Hawken, P.A.R., Williman, M., Milton, J., Kelly, R., Nawak, R. & Blachea, D. 2012. Nutritional supplementation during the last week of gestation increased the volume and reduced the viscosity of colostrum produced by twin bearing ewes selected for nervous temperament. *Small Ruminant Research* 105: 308-314.
- Joshi, N.R., McLaughline, .A., Phillips, R.W. 1957. Les bovins d'Afrique, types et races. FAO, Rome, Italie 317 p.
- Kaewlamun, W., Okouyi, M., Humblotd, P., Remy, D., Techakumphu, M., Duvaux –Ponter, C. & Pontera, A.A. 2011. The influence of a supplement of β -carotene given during the dry period to dairy cows on colostrum quality, and β -carotene status, metabolites and hormones in newborn calves. *Animal Feed Science and Technology* 165: 31-37.
- Klimes, J., Jagos, P., Bouda, J. & Gajdusek, S.1986. Basic quantitative parameters of cows colostrum and their dependence on season and post partum. *Acta Veterinaria Brno* 55: 23-39.

- Klobasa, F., Goel, M.C., Werhahn, E. 1998. Comparison of freezing and lyophilizing for preservation of colostrum as a source of immunoglobulins for calves. *Journal Animal Science* 76: 923-926.
- Kunes, S., Yamamoto, E., Kudo, T., Toharmat, T. & Nonaka, I. 1998. Effect of Parity on mineral Concentration in Milk and Plasma of Holstein Cows during Early Lactation. *ASSOCIATION JURIS AFFAIRES SANTÉ* 11: 133-138.
- Kuralkar, P. & Kuralkar, S.V. 2010. Nutritional and Immunological Importance of Colostrum for the new born. *Veterinary World* 3: 46-47.
- Levieux, D., Masle, L., Genein, N., Bowier F. 2001. Composition du colostrum et du lait de chèvre au cours de la période colostrale en immunoglobuline G, -lactoglobuline, -lactalbumine et sérum albumine. *Rencontre Recherche Ruminants* 8: 91.
- Machado-Neto, R., Grigolo, I.H., Moretti, D.B., Kindlein, L. & Pauletti, P. 2011 Intestinal histology of Santa Ines lambs fed bovine or ovine colostrum. *Czech Journal of Animal Science* 56: 465-474.
- Maunsell, F.P., Morin, D.E., Constable, P.D., Hurley, W.L., McCoy G.C., Kakoma, I. & Isaacson, R.E. 1998. Effects of Mastitis on the Volume and Composition of Colostrum Produced by Holstein Cows. *Journal Dairy Science* 81: 1291-1299.
- Morill, K.M., Conrad, E., Lago A., Campbell, J., Quigley, J. & Tyler, H., 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal Dairy Science* 95: 3997-4005.
- Nardonne, A., Lacetera, N., Bernabucci, U. & Ronchi, B. 1997. Composition of Colostrum from Dairy Heifers Exposed to High Air Temperatures During Late Pregnancy and the Early Postpartum Period. *Journal of Dairy Science* 80: 838-844.
- Ontsouka, C.E., Bruckmaier, R.M. & Blum, J.W. 2003. Fractionized Milk Composition During Removal of Colostrum and Mature Milk. *Journal of Dairy Science* 86: 2005-2011.
- Parrish, D.B., Wise, G.H., Hughes, J.S. & Atkeson, F.W. 1950. Properties of the colostrums of the dairy cow. V yield, specific gravity and concentrations of total solids and its various components of colostrums and milk. *Journal of Dairy Science* 33: 457-465.
- Quigley, J.D. & Martin, K.R., 1994. Immunoglobulin Concentration, Specific Gravity, and Nitrogen Fractions of Colostrum from Jersey Cattle. *Journal of Dairy Science* 77: 264-269.
- Quigley, J.D., Martin, K.R. & Dowlen, H.H. 1995. Concentrations of Trypsin Inhibitor and Immunoglobulins in Colostrum of Jersey Cows. *Journal of Dairy Science* 78: 1573-1577.

- Rastani, R.R., Grummer, R.R., Bertics, S.J., Gumen, A., Wiltbank M.C., Mashek, D.G. & Schwab, M.C. 2005. Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science* 88: 1004-1014.
- Remond, B. & Bonnefoy, J.C. 1997. Performance of a herd of Holstein cows managed without the dry period. *Annales de Zootechnie* 46: 3-12.
- Sacerdote P., MUSSANO F., FRANCHI S., PANERAI A.E., BUSSOLATI G., CAROSSA S., BARTORELLI A., BUSSOLATI B., Biological components in a standardized derivative of bovine colostrum. *J. Dairy Sci.*, 2013, **96**, 1745-1754.
- Serieys, F. 1993. Le colostrum de vache. Smithkline-Beekham: Ploufragan, 88 p.
- Seydou, B. 1981. Contribution à l'étude de la production laitière du zébu Azawak au Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 102p.
- Sheldrake, R.F., Husband, A.J., Watson, D.L. & Cripps, A.W. 1984. Selective transport of serum-derived IgA into mucosal secretions. *Journal of Immunology* 132: 363-368.
- Stott, G.H., Fleenor, W.A. & Kleese, W.C. 1981. Colostral Immunoglobulin Concentration in Two Fractions of First Milking Postpartum and Five Additional Milking. *Journal of Dairy Science* 64: 459-465.
- Strekozov, N.I., Motova, E.N. & Fedorov, Y.N. 2008. Evaluation of the chemical composition and immunological properties of colostrum of cows' first milk yield. *Russian Agricultural Science* 34: 259-260.
- Tsloulpas, A., Grandison, A.S. & Lewis, M.J. 2007. Changes in Physical Properties of Bovine Milk from the Colostrum Period to Early Lactation. *Journal of Dairy Science* 90: 5012-5017.
- Tucker, H.A. 2000. Hormones, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *Journal of Dairy Science* 83: 874-884.
- West, J.W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86: 2131-44.
- Westra, I.G.K.P. & Wahyudi, I. 2009. The Effects of Tropical Climate Stressor on Gamma Immunoglobulin Concentration. *Animal Production* 11: 143-148.
- Wolfenson, D., Flamenbaum, I. & Berman, A. 1988. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. *Journal of Dairy Science* 71: 809-818.

Zagorska, J., Indra Eihvalde I., Gramatina, I. & Sarvi, S. 2011. Evaluation of colostrums quality and new possibilities for its application. In 6th Baltic Conference on Food Science and Technology. Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Pārtikas Tehnoloģijas fakultātes un rakstu autoru īpašums un tā saturs nav, page 45-49.

Zarculas, S., Cernescu, H., Mircu, C., Tulcan, C., Morvay, A., Simona Baul, S. & Daniel, P. 2010. Influence of Breed, Parity and Food Intake on Chemical Composition of First Colostrum in Cow. *Animal Science Biotechnology* 43: 154-157.

Table 1. List and characteristics of the 21 references identified in the analytical databases, relative to colostrum composition in cow.

REFERENCES	Bovine breed	Country	NA	TCAB (h)	Feed
Parrish <i>et al.</i> , 1950	Holstein	USA	10	3	Concentrate mixture, Atlas sorgo silage and hay
Stott <i>et al.</i> , 1979	Holstein	USA	12	BFM	-
Klimes <i>et al.</i> , 1986	Bohemian Pied Lowland	Czech Republic	13	2 to 4	-
Quigley and Martin, 1994	Jersey	USA	88	BFM	-
Quigley <i>et al.</i> , 1995	Jersey	USA	49	BFM	Pasture.
Nardone <i>et al.</i> , 1997	Holstein	Italy	6		Mixture of forages and concentrates on an <i>ad libitum</i> basis.
Maunsell <i>et al.</i> , 1998	Holstein	USA	33	BFM	-
Klobasa <i>et al.</i> , 1998	Holstein-Friesian	Germany	8	NI	-
Kune <i>et al.</i> , 1998	Holstein	Japan	24	BFM	Mixed ration
Beighlea, 1999	Friesian cows	South African	60	NI	Animals were fed <i>ad libitum</i> a mixture of 50 % Lucerne and 50 % blue buffalo grass.
Andrew, 2001	Holstein Heifers	USA	25	0 to 6	-
Elfstrand <i>et al.</i> , 2002	Swedish Friesian	Sweden	20	0 to 6	-
Ontsouka <i>et al.</i> , 2003	Red Holstein	Switzerland	60	BFM	Consisting of grass silage, hay, and concentrates.
Georgiev, 2005	Cows (Black and white)	Bulgaria	5		Consisting of alfalfa, maize silage, brewers grain and concentrates.
Tsioulpas <i>et al.</i> , 2007	Friesian cows	UK	8	1 to 3	-
Strekozov <i>et al.</i> , 2008	Black Pied third	Russia	43	1	-
Ferdowski Nia <i>et al.</i> , 2010	Holstein	Iran	69	1	-
Zagorska <i>et al.</i> , 2011	Latvian Brown (76%)	Lettonia	29	NI	-
Morrill <i>et al.</i> , 2012	Holstein	USA	494	NI	-
Abdel-Fattah <i>et al.</i> , 2012	Holstein	Egypt	12	6	Rice straw and concentrate (16% protein), and housed in free stalls.
Sacerdote <i>et al.</i> , 2013	Holstein	Italy	30	1 to 12	Mix containing wheat and corn silage mix plus 25.7% row proteins and 2.4% row fats)

BFM: before first milking; NA: number of animals; NI: no information; TCAB: time collection after birth.

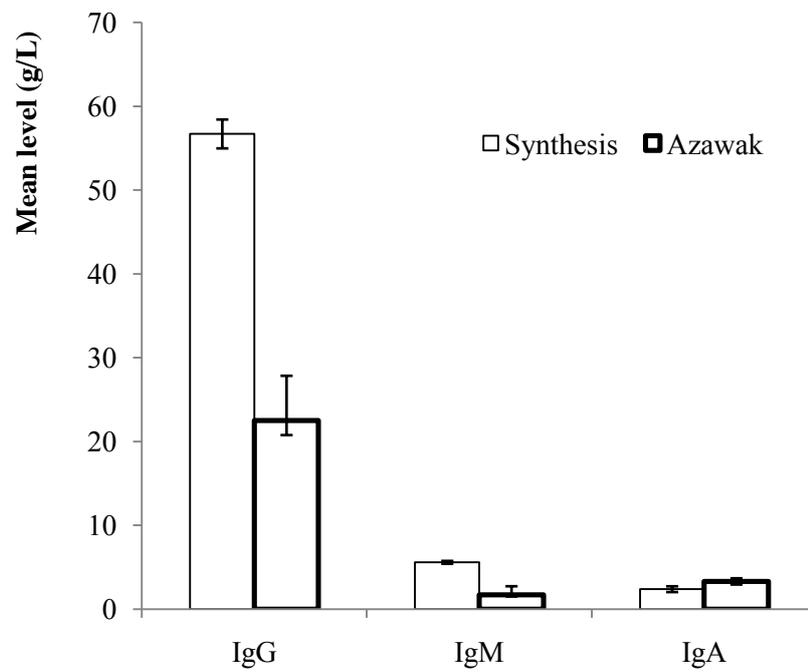


Figure 1. The mean level concentration \pm standard deviation (SD) of immunoglobulins in colostrum of Azawak (n= 7) and other bovine breeds (21 references).

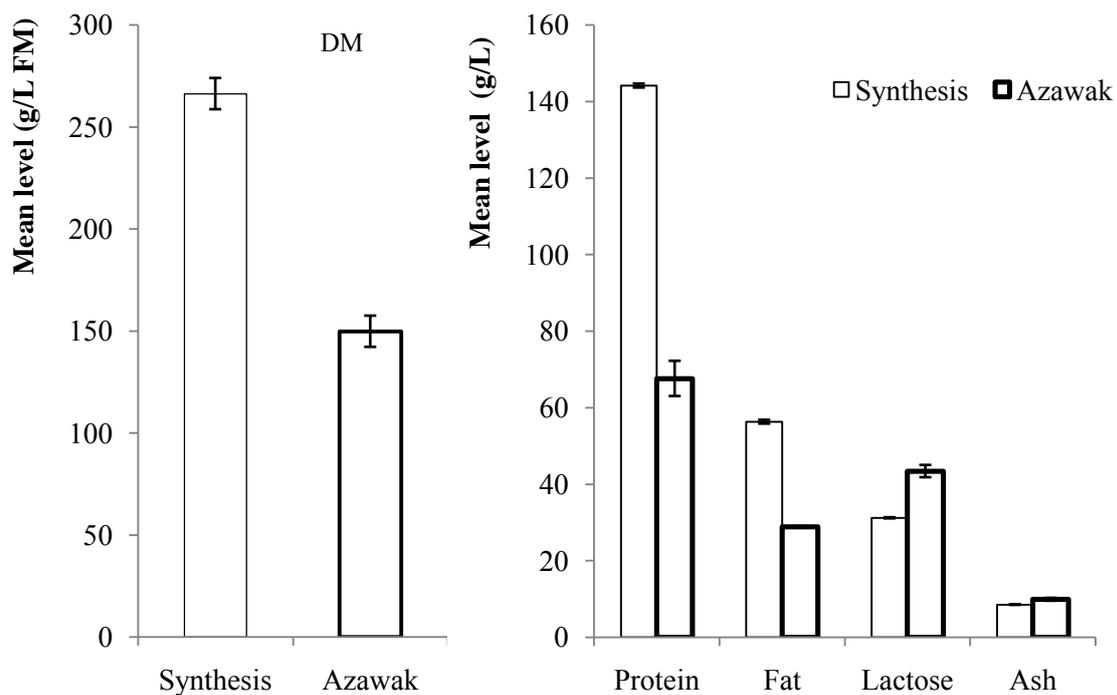


Figure 2. The mean level concentration \pm standard deviation (SD) of dry matter and nutrients in colostrum of Azawak (n= 7) and other bovine breeds (21 references).

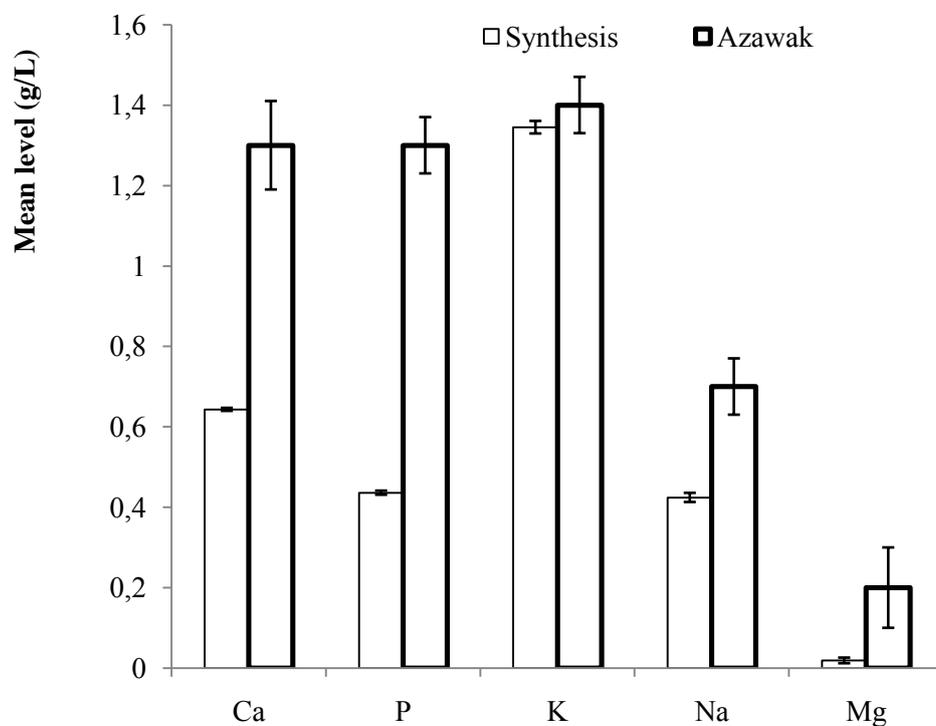


Figure 3. The mean level concentration \pm standard deviation of soluble minerals in colostrum of Azawak and other bovine breeds (21 references).

Article 3 publié dans Small Ruminant Research Abdou et al. (in press) DOI:

<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.smallrumres.2013.12.005>

Chapitre IV: Effect of bovine colostrum administration on plasma protein profile, growth, and survival in Red kid.

Abstract:

This study evaluated the effect of colostrum from Azawak cows on plasma protein profile, growth, and survival in Red kids from Niger. Forty (40) newborn kids were allocated to one of two treatment-groups: control (free access to water and the mother) and colostrum (free access to water and the mother, but with additional 50 mL of colostrum/animal/day of birth and 25 mL/animal/day from the 2nd to 15th day of age). Blood samples were collected into EDTA vacutainer tubes by jugular puncture at 10 and 30 days of age. Total protein was quantified by the Biuret method. The agarose gel electrophoresis was used to determine the serum levels of albumin, α -globulin, β_1 -globulin, β_2 -globulin, γ -globulin and the albumin/globulin ratio. The animals from the colostrum group showed higher body weight and average daily gain when compared to the control group ($P < 0.001$). The average concentration in protein at the both sampling times reached higher values in the colostrum than in the control group. At D10, the colostrum group tended ($P < 0.07$) to show higher levels of α -globulin and had higher values ($P < 0.05$) for β_1 -globulin. At D30, total protein and β_2 -globulins were higher in colostrum group. Colostrum from Azawak cows seems to have positive effects on some plasma proteins levels and on growth rate in Red kids.

Key words: Bovine Azawak; Colostrum; Plasma protein; Growth; Survival; Red kids.

1. Introduction

In ruminants, owing to the epitheliochorial nature of the placenta (Silim et al., 1990), the transmission of antibodies to fetus fails during the pregnancy (Rawal et al., 2008). At birth, newborn is thus gamma-globulin deprived (Castro et al., 2005) while shifting from a healthy to a hostile environment (Alloncle, 1980; Rawal et al., 2008). The survival of young animals is of great concern for producers. As a rule, the mortality rate is higher from zero to three months of age in goat (63.4% in 2010 at the Secondary Goat Farm Center of Maradi) and other species (N'Diaye-Wereme et al., 1998). These losses greatly affect the profitability of the farm.

Colostrum administration is vital for newborn (Marion et al., 2002; Stelwagen et al., 2009), especially for twins (Hamadeh et al., 2013; Nowak and Poindron, 2006). Several authors (Tusherer et al., 2000; Edwards, 2002; Le Dividich et al., 2004) showed that defect in colostrum intake within 24 to 48 hours (h) after parturition is related to newborn casualties. In Niger, where rearing conditions are precarious, dairy females do not produce enough colostrum and milk that could cover the needs of the newborns, enhancing the risk for a young animals to die. To our knowledge, no work focused on the production of colostrum in the Red goat. But Oumara (1986) indicated that its average daily milk production reach only 0.75 kg/d. It is possible to assist kids with bovine colostrum (N'Diaye-Wereme et al., 1998; King et al., 2008). Administration of heterologous colostrum also has been yet experienced in pig with good results (Huguet et al., 2007). Indeed, the bovine colostrum contains growth promoters and immunological compounds potentially useful for other species such as piglets, kids and lambs (Godden et al., 2009). Bovine colostrum supplementation in goat is fewly documented in the literature, especially at plasma level. The aim of this study was thus to evaluate the impact of an Azawak colostrum load in Red kids on their plasma protein profile, growth rate, and survival.

2. Materials and methods

2.1. Experimental site

The study was conducted at the Secondary Goat Farm Center of Maradi (**SCGFM**) in Niger, from September 2011 to October 2011. Average ambient daytime temperature is 35°C and annual rainfall is between 600 and 700 mm. The town of Maradi is located about 600 km south-east of Niamey between 13° and 15°26' North and 6°16' and 8°33' East. **SCGFM** is located 3.5 km East of Maradi and covers an area of 1,850 ha. Semi-intensive rangelands used are composed, according to Naba (2001), of a herbaceous cover (*Andropogon gayanus*, *Cenchrus bifloris*, *Eragrotis tremula*, *Commelina forskalaei*, *Corchorus tridens*, *Jacquenontia tamnifoni*) and ligneous species (*Sclerocarya birrea*, *Polystigma reticulatum*, *Acacia albida*, *Acacia nilotica*, *Guiera senegalensis*, *Annona senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Combretum micrahum*, *Prosopis africana*, *Tamarindus indica*).

2.2. Colostrum collection and analysis

The colostrum samples were obtained from two multiparous Azawak zebu cows (second lactation number), within one hour of calving. The cows were from the Sahelian Experimental Station of Toukounous (SEST) located 200 km north Niamey (14°31 North and altitude 3°18 east longitude). They were vaccinated against Contagious Bovine Pleuropneumonia (CBPP). The animals were on rangeland dominated according to Chaibou (2005) by grasses (*Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula*, *Schoenfeldia gracilis*, *Panicum laetum*) and wood (*Maerua crassifolia*, *Salvadora persica*). The pregnant and dairy females were supplemented during the dry season with cotton seed (2 kg). The colostrum was analyzed for chemical composition and immunoglobulins content (Table 1). Colostrum immunoglobulins (Ig) and lactoferrin (Lf) were measured at the Center of Rural Economy of Marloie (Belgium) by ELISA, following the manufacturer's recommendations (Bethyl® quantitative sandwich ELISA, USA). Dry matter (DM), crude Ash, nitrogen-free extract (NFE), ether extract (EE) and total nitrogenous matter (TNM) were measured according to the methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). Calcium (Ca) and magnesium (Mg) were determined by atomic absorption, potassium (K) and sodium (Na) by flame emission and phosphorus (P) spectrophotometrically.

2.3. Animals and experimentation

The experimental protocol was approved by the laboratory of Animal production/Faculty of Agriculture/University of Abdou Moumouni (Niamey-Niger) in collaboration with the directorate of Niger's Veterinary Services. The experimental kids were obtained from 9 singletons and 11 twins kiddings. Singletons were alternatively allocated to either the control or the experimental group and twins were randomly allocated to either group, but sex ratio was preserved insofar as possible. The control group (**ConG**) had free access to water and the mother and the colostrum group (**ColG**) were offered in nursing bottle additional 50 mL of Azawak colostrum/animal the day of birth (D1) within 12 hours of kidding and 15mL colostrum/animal/d from the D2 to D15. During the day, kids were maintained on semi-intensive rangeland. They were kept at night in permanent shed. Animals grazed under the guidance of shepherds and at night they received biweekly a supplement of concentrates (wheat bran, cottonseed meal). In addition, they had free access to licks in racks. Water was given *ad libitum*. Each animal was identified by an alpha-numeric number indicating the affiliation to the park, the row of birth, and the sex. Figure 1 presents the experimental design of the study.

2.4. Measurements and samples

The animals were weighted weekly using a balance with maximum load 150 ± 0.1 kg and death occurrences were registered daily.

Blood samplings were performed at D10, the moment the jugular veins was easy to access and at D30. Samples (10 mL/animal) were performed by jugular puncture in EDTA vacutainer tubes (Terumo Corporation, Tokyo, Japan). Samples were transferred 40 min after collection to the laboratory and centrifuged at 1000 rpm for 25 min. Plasmas obtained were stored in Eppendorf at -20°C until analysis at the Biochemistry Unit of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Belgium. Total plasma protein was obtained by the Biuret method. Protein fractions (albumin, α -globulin, β -1 and 2 globulins, γ -globulins) were separated by electrophoresis. The albumin/globulin ratio was calculated.

Electrophoresis was performed on agarose gel following the manufacturer's recommendations (Hydragel protein K20, SEBIA, Lisse, France). Samples were thawed at 20°C for 30 min. The procedure was performed by zone electrophoresis in which the migration is carried on horizontal support made of a porous medium, a strip of blotting paper and the agarose gel. Ten microliters of plasma were put for 4 min in numbered wells. The films were transferred to an electrophoresis tank (K20 SEBIA, Reference No. 1400) during 20 min at 90V. After migration films were placed in a colored bath (Coomassie Blue) approximately 5 min and then distained in acetic acid and dried at 80°C in an incubator-dryer (IS 80 SEBIA, Reference No. 1420) for 15 min. The use of phoresy software (device used to view the various profiles) allowed the scanning of films to establish the electrophoresis curves showing the concentration rate of protein fractions. The separation points between profiles of plasma fractions were scored manually on phoresy software. All samples were analyzed by the same people. The absolute concentrations (g/L) of fractions were calculated by multiplying the percentage of each fraction by the total protein concentration determined before.

2.5. Statistical analysis

Body weight (BW), average daily gain (ADG) and plasma proteins data were analyzed according to a mixed model (SAS, 1999) including the effects of treatment, time, sex and their interactions. This model included a type 1 auto regression covariance structure for repeated data measured on the same animal. Means were compared using a Student's t test with Tukey adjustment. Changes with time in concentration levels were compared according to contrast analysis. The selected threshold of significance was fixed at 5%. As for survival, data were analyzed according the chi square test.

3. Results

3.1. Plasma protein

Table 2 presents least squares means \pm standard error for total plasma parameters concentrations and ratio in **ColG** and **ConG**. The group effect tended to be significant for total protein levels (58.5 vs 55.6 g/L in **ColG** and **ConG** respectively, $P < 0.06$) but no time nor interaction effect was observed. At D10, **ColG** tended to have higher values than **ConG** (+2.7 g/L, $P < 0.1$) and the difference was significant at D30 (+ 5.2 g/L, $P < 0.05$). In **ColG**, the total protein remained similar between times but it decreased significantly in **ConG** ($P < 0.05$). Plasma albumin did not show treatment effect, but values decreased highly significantly with age (4.8 vs 4.2) in **ColG** and **ConG**, respectively, $P < 0.01$).

The alpha-globulin concentration levels tended to be higher in **ColG** than in **ConG** at both sample times (4.6 vs 4.1 and 4.7 vs 4.3, at D10 and D30, respectively, $P < 0.1$). From D10 to D30, changes were not significant. In addition, no effect of interaction was observed.

Plasma beta1 globulin concentrations increased with age (9.9 vs 11.6g/L in **ColG** and 8.7 vs 10.5 in **ConG**, at d10 to d30 respectively, $P < 0.05$). No interaction effect was observed but in **ConG**, the increase tended to be significant (+ 1.8 g/L, $P = 0.08$). Regarding the change in beta1 globulin from D10 to D30, it was similar between the two groups.

As for beta2 globulin, the mean levels differed significantly between the two groups (3.1 vs 2.3 g/L, in **ColG** and **ConG** respectively, $P < 0.05$). Levels remained similar between the two ages, and no interaction effect was observed. Although no group difference was observed at D10, **ColG** showed higher plasma concentrations than **ConG** (4.1 vs. 2.2 g/L, $P < 0.05$) at D30.

Surprisingly, in the case of plasma gammaglobulin, neither effect of group, time, or interaction, nor that of a contrast could be observed.

Considering the total plasma globulin, only a significant effect of treatment was observed (32.1 vs 29.1 g/L in **ColG** and **ConG** respectively, $P < 0.05$). The difference between the two groups was significant at D30.

No significant effect on the albumin/globulin ratio was observed.

3.2. Growth and survival

The table 3 presents data on growth characteristics. At birth, the BW of the two groups was similar (1.7 kg). After this period until the end of the trial, the BW increased linearly with time in both group, but with almost twice higher value for the slope of the growth curve in **ColG** than in **ConG** ($P < 0.001$), allowing to reach respectively +1.1 kg vs +0.6 kg weight gain at D29 ($P < 0.001$). Within the days, the overall **ADG** increased until D22 and decreased afterwards. However, the maximum value

appeared earlier in ConG (D15) than in ColG (D22). The difference between the two groups strengthened with time (close to 30g/d at D8 and D15 and 60 g/d at D22 and D29). As a whole, ColG had largely higher **ADG** than ConG ($P < 0.001$).

The Figure 2 shows the evolution of survival rate in the two groups. Globally, 5 casualties were recorded, i.e., 1 (5%) in ColG vs 4 (20%) in ConG. Casualties occurred after diarrheal enteritis (25%) and respiratory diseases (75%).

4. Discussion

4.1. Plasma protein

For total protein, it was first observed a trend for a higher level in ColG at D10, then a significant difference at D30. In addition, statistical analysis showed that neither time nor the interaction (GxT) effects influenced the total plasma protein. Previous studies showed similar effects in the same species (Rodríguez et al., 2009, Moretti et al., 2012). For example, Moretti et al. (2012) found a significant difference in favor to a group of kids which received bovine lyophilized colostrum. According to Mayer et al. (2002), the protein from colostrum, given the first day of life cross the intestinal barrier, following an endocytic process. Presumably, a similar phenomenon occurred in this experiment, but, additionally, an extra-nutritional effect should have operated afterwards and strengthened the differences between the groups. The decrease in plasma total protein with time observed in this experiment is in agreement with results of Lima et al. (2009), who offered bovine colostrum to kids until 60 d of age. The highest concentration in total protein was obtained at 48 h of age and levels decreased thereafter. In another experiment, Lima et al. (2013) did not observe such a decrease with time. In the present trial, the slope of the decrease was weak and similar in the two groups. The trend for an overall difference between the two groups could be ascribed to a positive effect of cow colostrum on plasma protein homeostasis. In addition, plasma protein observed in **ColG** was much higher (+ 1.7, + 5.8, and + 5.4%) than those (57.7, 55.5 and 55.7 g/L) observed by Lima et al. (2013), using either fresh or reconstituted bovine colostrum containing 45-55 mg/mL of IgG, or poor bovine colostrum at 15-25 mg/mL. These results suggest that colostrum from cow is able to maintain high levels of proteins in plasma of kids and that this value is probably similar, and possibly higher, than that obtained with goat colostrum.

For albumin, the concentration levels in the both groups significantly decreased between the two periods. Synthesized in the liver, albumin is the most represented protein in plasma, at about 50 to 65% of total protein (Kaneko et al., 1997). This molecule is essential for the survival of the newborn. Indeed, this protein fraction allows maintaining the oncotic pressure of the blood and transports numerous substances such as fatty acids, calcium, vitamins A and D, antibiotics, steroid hormones (Payne and Payne, 1987). It is dosed to assess the nutritional status of an animal. It is known that in

healthy ruminants, changes in serum albumin concentration requires at least one month to be detected, owing to the low turnover - low degradation and synthesis rate - of this protein (Payne and Payne, 1987). Albumin is readily absorbed at the same time as immunoglobulin by the intestinal mucosa of the newborn kid, during the first 24 h of life; Lima et al. (2009) observed that its concentrations decreased after 48 h of age in kids receiving cow colostrum, to reach similar values as to control at 25 d of age. This suggests a higher turnover for albumin from cow. The poor nutritional conditions met in the SCGFM could explain the decrease in plasma albumin observed in both groups and the parallel decrease is not surprising.

Regarding globulins (α , β and γ), they are a heterogeneous family of proteins that play a role in the inflammatory response, the transportation of various lipophilic compounds, the homeostasis and the production of antibodies. Although only numerical, the initial higher plasma α -globulin, β_1 , β_2 and γ -globulins levels in **ColG**, associated with a parallel or higher increase with time when compared to **ConG** could mean that colostrum provided a competitive advantage to supplemented animals. Ben Romdhane et al. (2001) observed such an increase in camels. Compared to data of literature, the globulin (α , β and γ) levels obtained in this study are higher than those reported by Lima et al. (2013) who obtained less than 20 g/L for the total globulins though their colostrum were richer in globulin than the present one. Data of the present study were in the ranges of 27.0 to 39.0 g/L interval reported by Kaneko et al. (1997) as indicating a good state of nutrition in domestic animals.

In the case of γ -globulins, differences were not significant. It is not excluded that kids substituted partially the intake of goat colostrum by that of the additional one. It would be worth discriminating in the plasma of kids the immunoglobulin fractions derived from cow and from the mother, and to evaluate their specific half-life. The fall in plasma Ig is physiological. After 24h, the intestinal barrier loses its capacity to macromolecules internalization and immunoglobulins provide at this stage only local intestinal protection (Moretti et al., 2012). Hadorn and Blum (1997) observed the same effect in calves. Again, Argüello et al. (2004) observed that kids receiving various types of goat colostrum (chill, frozen) expressed maximum levels of Ig at about 24 to 36 h after birth. Recently Lima et al. (2009) showed that, parallel to total protein, the highest concentration of gamma-globulin in goat kid receiving cow colostrum was obtained at 48 hours of age after birth.

Furthermore, it is important to note that the present concentrations of γ -globulins although obtained later, were similar to that obtained before 5 d of age by Moretti et al. (2012) in kids that received a colostrum supplementation.

The results of the present study suggest thus the existence of a positive correlation between colostrum intake and improvement of the plasma protein status.

4.2. Growth and survival

In this study, the significant growth rate difference observed between ColG and ConG could be explained only partly by the intake of supplemental bovine colostrum, because not only these differences increased with time, but also a maximum ADG was observed at the end of the experiment in ColG, by contrast to ConG that expressed the maximum – close to the minimum of the ConG - at the beginning of the experiment. In a previous study, Abdou et al. (2013) observed a highly significant long term – far after the end of the supplementation - difference between the group of animals which were fed colostrum and the control group. In addition, the important increases in BW and ADG recorded all over the present trial in animals receiving bovine colostrum were in agreement with results of Le Huërou-Luron et al. (2004) and Boudry et al. (2008) who showed the efficacy of bovine colostrum on growth in other species at weaning.

The overall results of this work meet those of Moretti et al. (2010) who indicated a better steady-state of kids after supplemental intake of colostrum. This may be directly associated to the presence of various nutrients in colostrum. Besides providing energy and protein, the supplementation in colostrum probably helped bringing additional levels of vitamins (A, E) and minerals (Zinc, Selenium, Iodine) which gave animals a way to develop and maintain a stronger immunity (Rawal et al., 2008; Morales-delaNuez et al., 2011). Colostrum is also rich in lactoferrin, which plays an important role in defending the body against pathogens (Ajello et al., 2002; Di Mario et al., 2003; Rawal et al., 2008). Indeed, owing to its very strong affinity for iron, it promotes its absorption by the intestinal mucosa of newborns and limits its availability for pathogens (Yamauchi et al., 1998).

In addition, colostrum provides at low concentration polypeptidic compounds such as cytokines (IL-1 β , IL-6, IFN-7 and IL-1) belonging to the family of specific and nonspecific antimicrobial factors (Hagiwara et al., 2000). In the newborn, these molecules act synergistically with maternal Ig ingested (Playford et al., 2000) and are involved in the regulation of intestinal repair after inflammation (Elson and Beagly, 1994).

No conclusion could be drawn up from survival data, owing to the lack of significant difference between the 2 groups. A previous trial conducted by Mellado et al. (2008) showed that supplementation in colostrum can reduce the mortality rate of youngs. Abdou et al. (2013) studied the survival rate of kids from both groups on a larger period. The mortality rate was highly reduced (5 vs 20% for the **ColG** and **conG** respectively).

5. Conclusion and prospects

Our observations suggest that the distribution, early in life, of colostrum from Azawak cow to Red kids is likely to improve their resistance to environmental constraints. This was indicated by higher plasma levels for several protein fractions such as total globulins and total proteins. The

supplementation contributed to maintain the plasma protein homeostasis and the effect was preserved at least two weeks after the end of the supplementation. This phenomenon probably helped to improve the healthiness of kids.

Acknowledgements: The authors thank the Belgian Technical Cooperation (BTC) for its financial support.

References

- Abdou, H., Marichatou, H., Beckers, J-F., Dufrasne, I., Issa, M., Hornick, J-L., 2013. Effect of bovine colostrum intake on animal performance, reproductive parameters and survival in Red kids. DOI: 10.1111/jpn.12143.
- Ajello, M., Greco, R., Giansanti, F., Massucci, M.T., Antonini, G., Valenti, P., 2002. Anti- invasive activity of bovine lactoferrin towards group A streptococci. *Biochem. Cell Biol.* 80, 119-124.
- AOAC, 2006. Association of Official Analytical Chemists, 18th edition, Current through revision 1 AOAC INTERNATIONAL, Arlington, VA, USA.
- Argüello, A., Castro, N., Zamorano, M.J., Castroalonso, A., Capote, J., 2004. Passive transfer of immunity in kid goats fed refrigerated and frozen goat colostrum and commercial sheep colostrum. *Small Rumin. Res.* 54, 237-241.
- Alloncle, F., 1980. Essais de prévention et de traitement des maladies néonatales du veau à l'aide d'un séro-colostrum hyperimmun d'origine bovine (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Alfort.
- Ben Romdhane, S., Romdhane, M.N., Ben Yahia, H., Sanhaji, H., Feki, M., M'Bazaa, A., 2001. Estimation du transfert de l'immunité colostrale par la recherche de l'activité de la GGT et des protéines sériques chez le chamelon nouveau-né (*Camelus dromedarius*). *Rev. Méd. Vét.* 152, 843-850.
- Boudry, C., Dehoux, J-P., Wavreille, J., Portetelle, D., Théwis, A., Buldgen, A., 2008. Effect of a bovine colostrum whey supplementation on growth performance, faecal *Escherichia coli* population and systemic immune response of piglets at weaning. *Animal* 2, 730-737.
- Castro, N., Capote, J., Alvarez, S.A., Argüello, A., 2005. Effects of lyophilized colostrum and different colostrum feeding regimens on passive transfer of immunoglobulin G in Majorera goat Kids. *J. Dairy Sci.* 88, 3650-3654.
- Chaibou, M., 2005. Productivité zootechnique du désert: le cas du bassin laitier d'Agadez au Niger (Thèse de Doctorat ès sciences). Université de Montpellier II, Montpellier.
- Di Mario, F., Aragona, G., Bò, N.D., Ingegnoli, A., Cavestro, G.M., Moussa, A.M., Iori, V., Leandro, G., Pilotto, A., Franzè, A., 2003. Use of lactoferrin for *Helicobacter pylori* eradication. Preliminary results. *J. Clin. Gastroenterol.* 36, 396-398.
- Edwards, S.A., 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livest. Prod. Sci.* 78, 3-12.

- Elson, C.O., Beagly, K.W., 1994. Cytokines et de médiateurs immunitaires. In: Johnson, L.R. (Ed.), *Physiology of the gastro-intestinal tract*. Raven, New York, p. 243-266.
- Godden, S.M., Haines, D.M., Konkol, K., Peterson, J., 2009. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *J. Dairy Sci.* 92, 1758-1764.
- Hadorn, U., Blum, J.W., 1997. Effects of feeding colostrums, glucose or water on the first day of life on plasma immunoglobulin G concentrations and GGT activities in calves. *J. Vet. Med. A* 44, 531-537.
- Hagiwara, K., Kataoka, S., Yamanaka, H., Kirisawa, R., Iwai, H., 2000. Detection of cytokines in bovine colostrum. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 76, 183-190.
- Hamadeh, S. K., Hatfield, P. G., Kott, R. W., Sowell, B. F., Robinson, B. L., Roth, N. J., 2013. Effects of breed, sex, birth type and colostrum intake on cold tolerance in newborn lambs. *Sheep Goat Res. J.* 16, 2, 46-51.
- Huguet, A., Le Normand, L., Fauquant, J., Kaeffer, B., Le Huërou-Luron, I., 2007. Influence of bovine colostrum on restoration of intestinal mucosa in weaned piglets. *Livest. Sci.* 108, 20-22.
- Kaneko, J.J., Harvey, J., Bruss, M., 1997. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 5th ed. Academic Press, San Diego.
- King, M.R., Morel, P.H.C., Revell, D.K., Pluske, J.R., Birtles, M.J., 2008. Dietary bovine colostrum increases villus height and decreases small intestine weight in early-weaned pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21, 567-573.
- Le Dividich, J., Martineau, G.B., Thomas, F., Demay, H., Renoux, H., Homo, C., Boutin, D., Gaillard, L., Surel, Y., Bouetard, M., Massard, M., 2004. Production colostrale, immunité et survie des porcelets. *Journées Rech. Porcine* 36, 451-456.
- Le Huërou-Luron, I., Huguet, A., Callarec, J., Leroux, T., Le Dividich, J., 2004. Supplementation of a weaning diet with bovine colostrum increases feed intake and growth of weaned piglets. *Journées Rech. Porcine* 36, 33-38.
- Lima, A.L., Moretti, D.B., Nordi, W.M., Pauletti, P., Susin, I., Machado-Neto, I., 2013. Electrophoretic profile of serum pro-teins of goat kids fed with bovine colostrum in natura and lyophilized. *Small Rumin. Res.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.02.013>.

Lima, A.L., Pauletti, P., Susin, I., Machado Neto, R., 2009. Fluctuation of serum variables in goats and comparative study of antibody absorption in new-born kids using cattle and goat colostrum. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 2211-2217.

Marion, J., Le Huerou-Luron, I., Huguet, A., Callrec, J., Leroux, T., Le Dividich, J., 2002. La supplémentation de l'aliment de sevrage en un extrait de colostrum bovin augmente la hauteur des villosités dans le duodénum chez le porcelet sevré. *Journées Rech. Porcine*, 34: 103-108.

Mayer, B., Zolnai, A., Frenyo, L.V., Jancsik, V., Szentirmay, Z.N., Hammarstro, L., Kacs Kovics, I., 2002. Redistribution of the sheep neonatal Fc receptor in the mammary gland around the time of parturition in ewes and its localization in the small intestine of neonatal lambs. *Immunology*, 107: 288-296.

Mellado, M., Pittroff, W., García, J.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.

Morales-delaNuez, A., Moreno-Indias, I., Sánchez-Macías, D., Capote, J., Juste, MC., Castro, N., Hernández-Castellano, L.E., Argüello, A., 2011. Sodium dodecyl sulfate reduces bacterial contamination in goat colostrum without negative effects on immune passive transfer in goat kids. *J. Dairy Sci.* 94, 410-415.

Moretti, D.B., Kindlein, L., Pauletti, P., Machado-Neto, R., 2010. IgG absorption by Santa Ines lambs fed Holstein bovine colostrum or Santa Ines ovine colostrum. *Animal* 6, 933-937.

Moretti, D.B., Nordi, W.M., Lima, A.L., Pauletti, P., Susin, I., Machado-Neto, R., 2012. Lyophilized bovine colostrum as a source of immunoglobulin and insulin-like growth factor for newborn goat kids. *Livest. Sci.* 144, 1-10.

Naba, A.M., 2001. Contribution à l'évaluation technique du projet d'appui à la sélection, la promotion et la diffusion de la chèvre rousse de Maradi-Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar; Dakar.

N'Diaye-Wereme, A., Grongnet, J.F., Tamboura, H., Nianogo, A.J., Sawadogo, L., 1998. L'acquisition de l'immunité passive par le chevreau nouveau-né de race Naine Mossi. Rôle d'une assistance à la tétée. *Rev. Élev Méd. Vét. Pays trop.* 51, 289-292.

Nowak, R., Poindron, P., 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 431-446.

Payne, J.M., Payne, S., 1987. *The Metabolic Profil Test*. Oxford University Press, New York.

Playford, R.J., Macdonald, C.E., Johnson, W.S., 2000. Colostrum and milk-derived peptide growth factors for the treatment of gastro-intestinal disorders. *Am. J. Clin. Nutr.* 72, 5-14.

Rawal, P., Gupta, V., Thapa, B.R., 2008. Role of Colostrum in Gastrointestinal Infection. *Indian J. Pediatr.* 75, 917.

Rodríguez, C., Castro, N., Capote, J., Morales-delaNuez, A., Moreno-Indias, I., Sánchez-Macías, D., Argüello, A., 2009. Effect of colostrum immunoglobulin concentration on immunity in Majorera goat kids. *J. Dairy Sci.* 92, 1696-1701.

Silim, A., Rekik, M.R., Roy, R.S., Salmon, H., Pastoret P.P., 1990. Immunité chez le fœtus et le nouveau-né. In: Pastoret, P.P., Govaerts, A. (ed), *Immunologie animale*. Flammarion, Paris, pp. 197-204.

SAS, 1999. *Statistical Analysis System SAS/STAT. User's guide (5th ed., 8.2 versions)*. Cary, NC, USA.

Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A., Wheeler, T.T., 2009. Immune components of bovine colostrum and milk. *J. Anim. Sci.* 87, 3-9.

Tuscherer, M., Puppe, B., Tuscherer, A., Tieman, U., 2000. Early identification of neonates at risk: traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology* 54, 371-388.

Oumara A.D., 1986. *Croissance et viabilité de la chèvre rousse de Maradi au centre d'élevage caprin de Maradi (Thèse de doctorat vétérinaire)*. École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar; Dakar.

Yamauchi, K., Wakabayashi, H., Hashimoto, S., Teraguchi, S., Hayasawa, H., Tomita, M., 1998. Effects of orally administered bovine lactoferrin on the immune system of healthy volunteers. *Exp. Med. Biol.* 443, 261-265.

Table 1. Azawak colostrum mean component mean concentration (g/L) (Abdou et al., in press)

Composition (g/L)	Means \pm SD (n = 7)
IgG	22.5 \pm 9.7
IgA	3.3 \pm 2.1
IgM	1.7 \pm 0.8
Lactoferrin	0.2 \pm 0.1
DM	149.8 \pm 15.3
CP	67.6 \pm 9.2
EE	28.9 \pm 0.2
NFE	43.4 \pm 3.2
ash	9.9 \pm 0.7
Ca	1.3 \pm 0.2
P	1.3 \pm 0.2
K	1.4 \pm 0.2
Na	0.7 \pm 0.2
Mg	0.2 \pm 0.0

Table 2. Total and fractions plasma proteins (g/L) at d10 and d30 of age in kids that received or not a supplement of bovine colostrum during the first 15 d of life.

Plasma fractions	D10		D30		Levels of significance				SEM
	ColG n=18	ConG n=16	ColG n=18	ConG n=16	G ¹	T ²	G x T	$\Delta_{\text{ColG vs ConG}}$ ³	
Total protein	59.8 ^{aA}	57.1 ^{aA}	58.1 ^{aA}	53.2 ^{bb}	ns†	ns	ns	ns	1.70
Albumin	28.6 ^{aA}	27.8 ^{aA}	23.8 ^{aB}	23.6 ^{aB}	ns	**	ns	ns	1.40
α -globulin	4.6	4.1	4.7	4.3	ns†	ns	ns	ns	0.21
β -1globulin	9.9	8.7 ^A	11.6	10.5 ^B	ns†	*	ns	ns	0.73
β -2globulin	3.1	2.3	4.1 ^a	2.2 ^b	*	ns	ns	ns	0.50
γ -globulin	14.5	13.8	13.9	12.0	ns	ns	ns	ns	0.80
Globulin	32.1	29.1	34.3 ^a	29.0 ^b	*	ns	ns	ns	1.72
Alb/Glob	0.91	0.97	0.77	0.90	ns	ns	ns	ns	0.20

^{a,b} Within period treatment effect. For a same period and a same line, values assigned with different uppercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{A,B} Within treatment period effect. For a same treatment and a same line, values assigned with different uppercase letters are significantly different ($P < 0.05$).

ns: $P > 0.05$; † $P < 0.1$; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

¹G: Group effect.

²T: Time effect.

³ Δ : difference in time within a treatment.

Tableau 3. Body weight and ADG (means \pm standard error) of kids that received or not a supplement of bovine colostrum during the first 15 d of live.

Measurements	Days	Groups		Levels of significance
		ColG (n= 19)	ConG (n= 16)	
BW, kg	d0	1.7 \pm 0.1 ^a	1.7 \pm 0.1 ^a	ns ²
	d8	2.6 \pm 0.1 ^b	2.3 \pm 0.1 ^b	*
	d15	3.6 \pm 0.1 ^c	3.1 \pm 0.1 ^c	***
	d22	4.5 \pm 0.1 ^d	3.6 \pm 0.1 ^d	***
	d29	5.6 \pm 0.1 ^e	4.2 \pm 0.1 ^e	***
	Significance	Group ^{***}	Time ^{***}	Group*Time ^{***}
ADG, g/d	d8	114.8 \pm 3.8 ^a	80.4 \pm 3.8 ^a	***
	d15	130.3 \pm 3.8 ^b	98.4 \pm 3.9 ^b	***
	d22	152.5 \pm 3.8 ^c	90.7 \pm 3.9 ^c	***
	d29	144.3 \pm 3.9 ^d	85.7 \pm 3.9 ^d	***
	Significance	Group ^{***}	Time ^{***}	Group*Time ^{***}

¹ a, b, c, d, e: in the same column, means without common upper-case letter differ ($P < 0.05$).

ns: $P > 0.05$; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

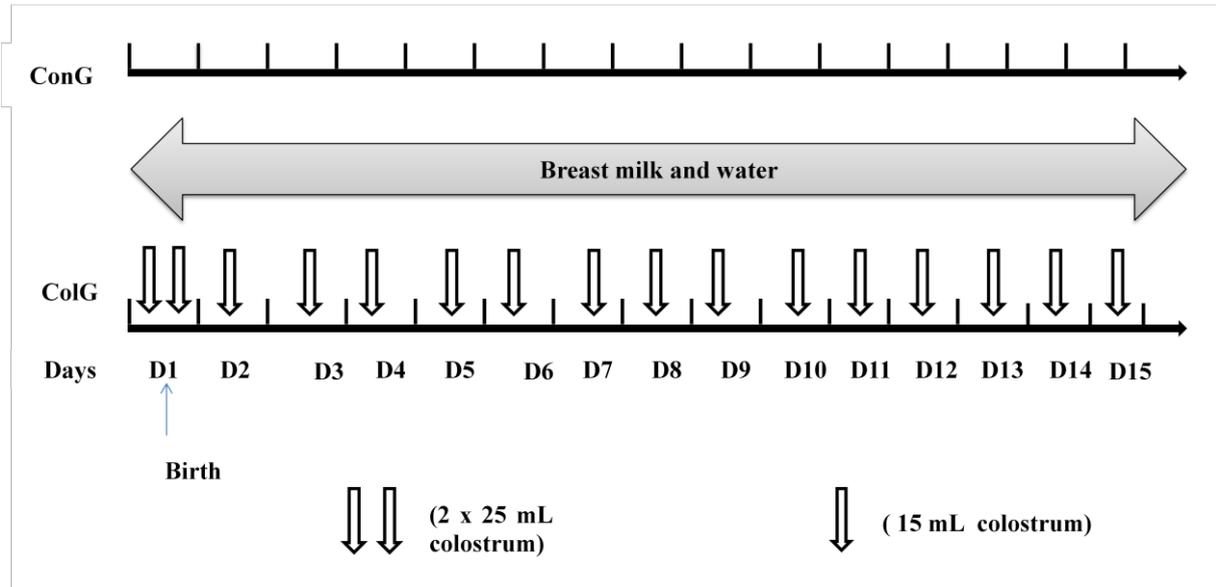


Figure 1: Experimental design

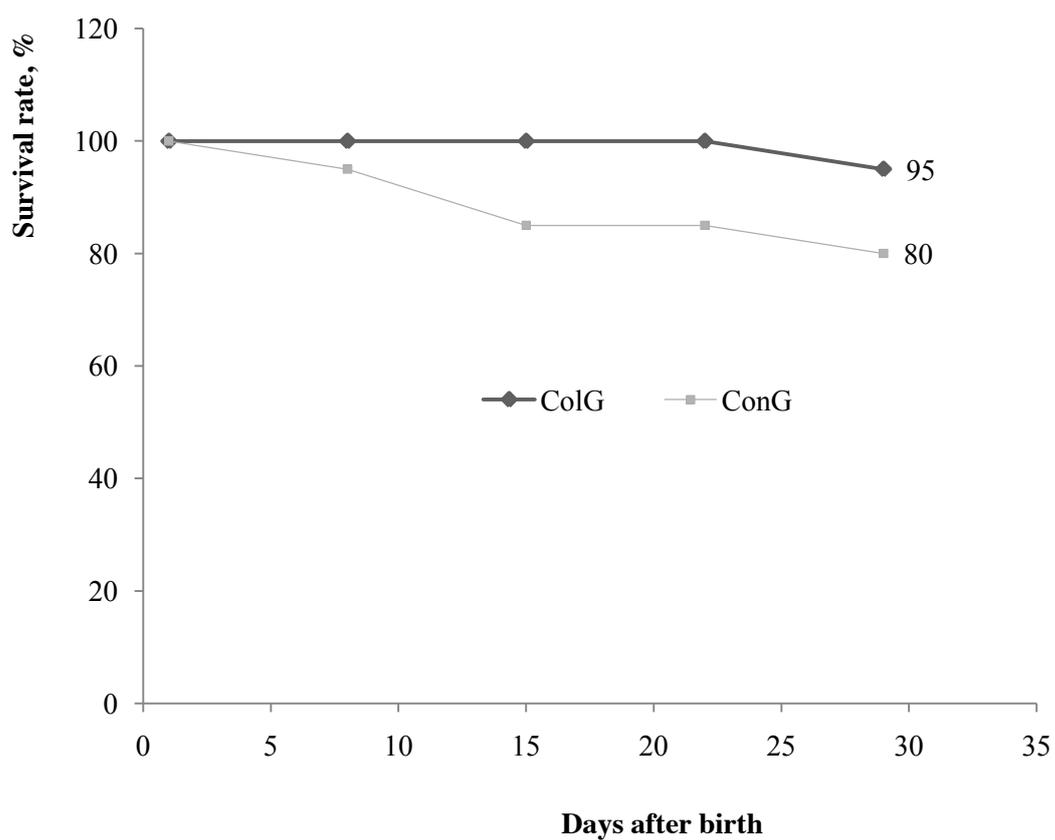


Figure 2. Survival rate evolution of kids that received or not a supplement of Azawak colostrum (15 mL/d) during the 15 first day of life.

ColG: Colostrum group (n= 19)

ConG: control group (n= 16)

Article 4 publié dans *Journal of Animal physiology and Animal Nutrition* Abdou et al. (DOI: 10.1111/jpn.12143)

Chapitre V: Effect of bovine colostrum intake on growth, reproductive parameters and survival in Red kids.

Abstract:

The aim of this study is to evaluate the efficacy of frozen Azawak colostrum supplementation on body weight (BW), average daily gain (ADG), reproductive parameters (mean age at first parturition, fertility, fecundity, prolificacy) and mortality rate among red kids. The study was conducted at the goat farm secondary center of Maradi in Niger from September 17, 2010 to October 31 2011. The control animals (n= 20) were left with their mother, while the treatment animals (n= 20) received in addition 50 mL/animal/day of Azawak bovine colostrum at birth and 15 mL/animal/day from d2 to d15. Weight was measured weekly from birth to d365. Mortalities were also recorded over the same period. For reproductive parameters, observations began at weaning (d197). Growth rate was higher ($P < 0.001$) in supplemented animal and the treatment effects on ADG were observed up to 150 d after the end of supplementation. A similar long-lasting trend was also observed in relation with the mortality rate (25% for **ColG** vs 55% for **ConG**; $P = 0.05$). The age at first kidding tended to be lower in the treated group (13.8 ± 0.7 vs 14.1 ± 0.8 month; $P < 0.1$). In conclusion, mild bovine colostrum supplementation induces a long-lasting positive impact on growth rate, and to a lower extent on reproduction parameters and survival rate.

Key-words: Bovine; colostrum; growth performance; survival; red kids.

Introduction

Colostrum is a high-value product in the diet of young suckling animals (Cairangzhuoma et al., 2013; Xu et al., 2013) in that it contains elements required for the survival and growth of the young animals (Sun et al., 2013). In general, the period from birth to weaning is a critical step for many mammals. The failure or delay in colostrum ingestion within hours after birth is a health risk that affects the future performance of the newborn animal according to Blum et Hammon (2000). In Niger, where rearing conditions are precarious, young animals frequently die within one month after birth. In 2010, unpublished statistics of the Goat farm Secondary Center in Maradi (GFSCM) indicated that 76% of kids died before the age of two months. Casualties could be associate to pathology such as the diarrheal enteritis and respiratory diseases. In such conditions, colostrum intake is critical early after birth (Xu et al., 2013). Supplementation of newborns with colostrum from other species is a potential pathway for improving performances in rearing kids (Jensen et al., 2013). Hence, we thought it interesting to assess the effect of supplementation with colostrum from other species on kids in the drought conditions prevailing in Niger. Therefore, the aim of this study is to evaluate the effect of supplementing bovine colostrum from Azawak Zebu to kids of Maradi red goats in Niger.

Materials and methods

Experimental site

The study was conducted at the GFSCM of Niger from September 2010 to September 2011. The average prevailing daytime temperature was 35°C and average annual rainfall was between 600 and 700 mm). The town of Maradi is located at about six hundred kilometers South-East of Niamey between 13° and 15°26' North Latitude and 6°16' and 8°33' E Longitude. The GSCFM was established in 1963 at about 3.5 km, East of the town of Maradi and covers an area of 1,850 ha. Kids are generally maintained, with their mothers, on semi-intensive rangeland in the day and kept in permanent sheds at night. The animals graze under the guidance of shepherds in the day and at night they receive a supplement of concentrates (wheat bran, cottonseed meal) twice a week. Water is provided *ad libitum*.

Colostrum collection

The composition of colostrum, as shown in studies based on an average observed in 7 samples originally collected for meta-analysis. For the present study, the colostrum (10 L) was obtained from two Azawak Zebu cows at the Sahelian experimental station of Toukounous (**SEST**), two hundred kilometers North of Niamey. Colostrum was collected before the first suckling in containers, aliquoted into tubes and frozen in the first hours after collection. Cows were vaccinated against Contagious

Bovine Pleuropneumonia (CBPP) in July 2010. No known transmissible disease from cattle to sheep or goats was reported in 2010 at the SEST. Colostrum was analyzed for chemical composition and immunoglobulin content (Table 1). Immunoglobulin (Ig) and lactoferrin (Lf) were measured using ELISA at the Center for Rural Economy of Marloie (Belgium), following the manufacturer's recommendations (Bethyl® quantitative sandwich ELISA, Montgomery, USA). Dry matter (DM), ash, nitrogen-free extract (NFE), ether extract (EE) and crude protein (CP) were measured following the methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). Calcium (Ca) and magnesium (Mg) were assessed through atomic absorption, flame emission was used to measure potassium (K) and sodium (Na) and phosphorus (P) was evaluated through spectrophotometry.

Animals and experimentation

The experimental protocol was approved by the laboratory of Animal production/ Faculty of Agriculture/ University of Abdou Moumouni (Niamey-Niger) in collaboration with the directorate of Niger Veterinary Services. The study was performed on 40 kids born from September 17th, 2010 to October 31th, 2011. Each animal was identified by an alphanumeric number indicating its affiliation in the park, its year and order of birth and its sex. At each birth, kids were randomly allocated to either the control group (**ConG**) or the experimental group (Colostrum group, **ColG**), but, in a way to maintain sex equilibrium in the allocation. Singletons were alternatively allocated to either the control or the experimental group. Twins were randomly allocated to either group. All kids were allowed to stay with their mothers and suck *ad libitum*; water was also provided *ad libitum*. At birth (d1), kids allocated to **ColG** received orally a supplement of 50 mL/animal/day of bovine colostrum, divided into two meals, and 15 mL/animal/day from d2 to d15.

Control parameters

To assess the effect of colostrum on kid growth, animals were weighted weekly in first month after birth and then bi-weekly until d365, using a scale with a maximum loads of 150 ± 0.1 kg. Mean age at first kidding (**MAFK**), fecundity (proportion of females giving birth on total females subjected to reproduction), fertility (proportion of pregnant females on total females subjected to reproduction), and prolificacy (offspring per female) were also recorded for females issued from the kid population. In males, no parameters of reproduction were measured. Death occurrences were recorded daily during the study in order to assess the effect of colostrum on survival rate.

Statistical analysis

Data were analyzed using a mixed model of the Statistical Analysis System (SAS, 1999) including the effects of treatment, time, sex and allowing the inclusion of a type 1 autoregressive effect for repeated data measured on the same animal. For MAFK, the arithmetic means were calculated. The Student's *t* test was used to compare averages. For fecundity and mortality, data were analyzed by Chi-square test. Growth performance at three stages (supplementation, post-supplementation to weaning and weaning to the end of the study) was analyzed using the general linear model procedure of the Statistical Analysis System (SAS, 1999).

Results

Growth

Table 2 shows the animal performances at the three consecutive stages: supplementation (stage 1), post-supplementation to weaning (stage 2) and weaning to the end of the study (stage 3). During supplementation, the initial body weight (BW) was similar between groups ($P > 0.05$). Final weight at this stage reached higher values in ColG than in ConG ($+ 1.57 \pm 0.06$ kg, $P < 0.001$), with ADG largely higher 100.4 ± 4.4 vs 74.7 ± 4.4 g/d, $P < 0.001$).

From d15 to weaning (d197), the ADG continued to be higher in ColG than in ConG (62.8 vs 46.4 g/d), although during this transitional stage, ADG decreased in both groups (- 37.4% and - 37.8% in ColG and ConG, respectively). This helped the treatment animals to reach a live weight close to 14.6 ± 0.17 kg achieving, hence, a supplemental 3.4 kg over animals of the other group (14.6 ± 0.17 vs 11.2 ± 0.2 kg, $P < 0.001$).

In the last stage, total gain remained significantly higher in ColG ($P < 0.001$), as well as ADG (41.4 ± 0.8 vs 34.9 ± 0.8 g/d, $P < 0.001$), resulting in an overall weight gain of 6.6 kg for ColG over ConG ($P < 0.001$).

The trend evolution of BW and ADG for red kids of the two groups is given in Figure 1. During all the experiment, the growth curves were quasi-linear, but with different slopes, whereby weight differences increased with time, starting from the second week of the experiment. The development of ADG varied at different stages. It was as high as about 100.4 g/d at the beginning of the experiment, but decreased thereafter regularly with time to reach a plateau of about 41.4 g/d at the 10th month. The ADG differences between the two groups were strong, even during the post-supplementation stage, until about d127 after birth, and more variable thereafter, the effect disappeared after d300.

Reproductive parameters

Means values of MAFK were 13.8 ± 0.7 vs 14.1 ± 0.8 month ($P < 0.1$) respectively for ColG and ConG. By contrast, for parameters such as fecundity, fertility and prolificacy, there was no difference between the two groups of females.

Survival rate

Mortality in ColG was significantly lower than in ConG and lower than values observed in previous years (Figure 2). Five (5) animals died in ColG compared to 11 in ConG, i.e., a 30% reduction of mortality rate. Statistical analysis revealed a quasi-effect in favor of ColG ($P = 0.05$). For both treatments, the death risk period was at the supplementation stage, when 2 casualties (10%) were recorded in ColG and 6 (30%) in **ConG**. From supplementation to weaning, the death rate in ColG remained unchanged (10%) whereas in ConG, it decreased at 20%. At the last stage (weaning to end of study), the rate was similar (5%) for both groups. Casualties occurred after diarrheal enteritis (35%), respiratory diseases (25%), and unknown reasons (40%). Figure 3 shows the evolution of kid survival rate in the 2 groups.

Discussion

Growth

This study which aims to evaluate the effects of bovine colostrum from Azawak breed on red kids was never reported in the literature, to our knowledge. Boudry et al. (2008a) and Abdou et al. (2012) reviewed the large potential of bovine colostrum for heterologous use.

Bovine colostrum is the natural food for neonatal calves. In addition, bovine colostrum was used as a supplement in young animals of other species to improve health and development (Le Huërou-Luron et al., 2004; Boudry et al., 2005 and 2008b). In calves and lambs, a lot of studies were done to indicate the importance of colostrum feeding on growth and development (Blum and Hammon, 2000; Blum, 2006; Berge et al., 2008; Moretti et al., 2010; Machado-Neto et al., 2011). The authors associated these differences to the effects of the numerous components in high or low concentrations, such as immunoglobulin, nutrients, and factors like epidermal growth factor (EGF), insulin-like growth factor (IGF-1) and transforming growth factor (TGF), which are known to be involved in the stimulation of intestinal tissue. The study by Moretti et al. (2013) showed that supplementation with lyophilized bovine colostrum increased cell maturity in the enteric and muscle tissues in the first hours of kid life. In addition, the work of Le Huërou-Luron et al. (2004) showed that bovine colostrum effect was

strengthened when animals were reared in poor conditions. In their respective conclusions these authors suggested the inclusion of bovine colostrum in neonatal or post-weaning feed of young animals because of its high content in nutrients and its huge effects on animal growth performance.

The data obtained in this study are in line with those obtained by the authors mentioned above. Surprisingly, the positive effect of colostrum on live weight was maintained during the whole period of observation, i.e, long after the end of the colostrum supplementation, suggesting a memory effect on animals.

For ADG, positive effects of colostrum were particularly noted in the two first weeks of supplementation, but were also paradoxically maintained all over the trial, especially considering the mean values per stage. The first stage effect could be explained by the intrinsic characteristics of bovine colostrum (its high grade nutrient value and digestibility). It provides to newborns two times more energy than the same amount of milk (Blum and Hammon, 2000). The study of Le Dividich et al. (1989) showed that piglets express hypoglycemia at birth which is quickly solved with the first ingestion of colostrum. They linked this increase to an endogenous glucose production through the mobilization of glycogen reserves by liver and to exogenous income of lactose rapidly hydrolyzed into glucose and galactose (Hammon et al., 2013). In addition, it is known that a large fraction of colostrum proteins are immunoglobulins (IgG, IgA) that give newborns immunity not only locally, but also against gastrointestinal pathogens. It also provides systemic immunity against infectious agents and septicemia (Blum and Hammon, 2000).

In the present experiment, the increase in ADG was low but significant (ranging from about 25 to 5 g/d) over a long period. The supplementation with colostrum also had significant positive effects on growth throughout the trial. If the positive effect could be attributed to the nutritional value and especially the energetic value (6.0 MJ/L) of bovine colostrum (Blum and Hammon, 2000), this nutritional value cannot explain the long lasting effect since the 15 mL colostrum offered daily to kids represented about 0.09 MJ/L, i.e., only 6.8% of the daily energy requirement for a newborn growing kid. Consequently, the long-lasting weight increase in kids of ColG could only be explained by a catalytic effect of nutrients (protein, fat, lactose, vitamins and minerals), antibodies, other non-specific antimicrobial or endocrine elements (lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme, IGFs), and other pseudo paracrin and autocrin factors contained in the bovine colostrum. It is known that ingestion of colostrum enhances gastrointestinal tract development and function (Blum and Hammon, 2000) and stimulates newborns' immune system (Le Huerou-Luron et al., 2004), resulting in a histological maturation of lymphoid organs; it also increases the size of Peyer's patches and improves differentiation between the cortex and medulla of lymphoid nodes (Marion et al., 2002). Besides its direct nutritional and immune roles, other functions are attributed to colostrum. For example, it takes part in the synthesis of thyroid hormones (Hadorn et al., 1997) owing to the fact that it contains a

significant amount of iodine and selenium which are required for their metabolism (Boland et al., 2005). The best known growth factors contained in colostrum are the IGF-1 and 2. They are involved in the stimulation of cell growth and multiplication in the intestinal sphere of newborns (Boudry et al., 2008a). In addition, the study of Burrin et al. (1992) showed that oral administration of IGF-1 in newborn piglets increases villus height in proportion with the dose.

Reproductive parameters

Several authors addressed colostrum intake on animal performance and immune system, but to our knowledge no work dealt with the effect of colostrum on reproductive parameters. The effects of proteo-energy supplementation alone on **MAFK** was hardly showed in red goats. Fasanya et al. (1992) found that a supplement of cotton-seed cake (**CSC**) alone improved **MAFK** value, but not a mixture of **CSC** and maize, or maize alone. Our results showed a weak effect associated with bovine colostrum intake on reproductive parameters. Indeed, goats in the colostrum group tended to be more mature than those in the control group, and other animals studied at the station (**MAFK** value of 20 and 14.5 months respectively observed by Verhulst in 1995 and Naba in 2001). However, no effect could be observed on fecundity, fertility and prolificacy. Reproductive parameters largely depend on animal growth rate (**BW** and **ADG**), and speed to puberty weight. The improvement of live weight and **ADG** depends on nutritional values of intake such as colostrum which contains nutrients and anti-pathogenic compounds (Blum and Hammon, 2000; Boudry et al., 2008a). As mentioned above, the supplementation provided in this experiment was quantitatively weak but it induced significant changes in live weight, leading to expect changes in reproduction parameters. For fecundity, the average value obtained in ColG was greater than in ConG, but this difference was only a trend. Value of fecundity and fertility were in line with the data recorded at GFSCM (80.34%) in 1992, (109.96%) in 1993 and reported by Hamidou (1995). As for prolificacy, the results of this study are considerably lower than those obtained by Verhulst (1995); Marichatou et al. (2002) on red goats in Maradi area . This may be attributed to litter size. It is known in the literature that in red goats, twinning are very scarce at first kidding (Naba, 2001). Finally, females should be monitored during a longer period, in order to evaluate the effect of colostrum supplementation on reproductive performances.

Survival rate

The use of bovine colostrum seemed interesting as a mean to reduce neonatal mortality and therefore increase chances of survival in newborn kids of traditional and modern farms. To our knowledge, very few experiments on goat survival were performed in Niger and the effect of colostrum on mortality is little-known, particularly, in red kids. In the Sahel, feed is a limiting factor in farms (Mcdowell et al.,

1983). An overview of the evolution of mortality rates at GFSCM for the past seven years shows all the interest colostrum supplementation could bear for improving the health status of red kids. During the period mentioned above, the mortality rate evolved as shown in Figure 2a. The rate ranged from 17.9% to 63.6%. In our study, for **ConG**, the mortality rate from d0 to d365 recorded by Naba (2001) was of 44% at **GFSCM** and 60% in surrounding small farms. By contrast, in the **ColG** the value was drastically reduced to 25%.

The difference between the two groups would likely be attributed to the supplementation of colostrum that ensured a local protection of kids against pathogens. The study by Boudry et al. (2008b) where 96 piglets weaned at 26 ± 2 days of age were subjected for 4 weeks to a control regimen or a regimen with lyophilized bovine colostrum showed that the supplemented group was healthier and showed a reduced mortality rate. In addition, the present study showed a link between a short-term supplementation in heterologous colostrum and mortality rate.

Again, the positive effects resulted probably from the supplemental action of anti-microbial factors present in additional colostrum, particularly IgG which represents approximately 95% of immunoglobulin (Boudry et al., 2008a), but also lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme, cytokine. The long-lasting effect of colostrum intake on mortality rate in **ColG** suggests also the so-called “catalytic effect” of the various compounds found in the colostrum, as described above for animal performance. Finally, data from this study corroborate results of Lima et al. (2009) which found that a supplement of bovine colostrum to kids at birth increased the levels of plasma immunoglobulins. They suggested that bovine colostrum can be used as an alternative source of initial protection for newborn goat kids.

Conclusion

The results of this study show that supplementation of bovine colostrum during a short time of neonatal period, can improve the performance and reduce the mortality rate of kids. The response to supplementation results is a sustainable increase in **BW** and **ADG** and a significant decrease in mortality. Presumably, the amount of colostrum and the length of the experiment may have an effect on the results. Further studies should be conducted to take into account those parameters, and to observe the effect of early-supplementation on reproduction parameters of multiparous females.

Acknowledgements: The authors thank the Belgian Technical Cooperation (BTC) for its financial support.

References

- Abdou, H.; Marichatou, H.; Beckers, J-F.; Dufrasne, I.; Hornick, J-L.; 2012: Physiology of the production and chemical composition of colostrum of domestic mammals. *Annales de Médecine Vétérinaire* **156**, 87-98.
- AOAC, 2006: *Association of Official Analytical Chemists*, 18th edition, Current through revision 1 AOAC INTERNATIONAL, Arlington, VA, USA, 28 pp.
- Berge, A.C.B.; Besser, T.E.; Moore, D.A.; Sischo, W.M.; 2008: Evaluation of the effects of oral colostrum supplementation during the first fourteen days on the health and performance of preweaned calves. *Journal of Dairy Science* **92**, 286-295.
- Boland, T.M.; Brophy, P.O.; Callan, J.J.; Quinn, P.J.; Nowakowski, P.; Crosby, T.F.; 2005: The effects of mineral supplementation to ewes in late pregnancy on colostrum yield and immunoglobulin G absorption in their lambs. *Livestock Production Science* **97**, 141-150.
- Blum, J.W.; Hammon, H.M.; 2000: Colostrum effects on the gastro-intestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livestock Production Science* **66**, 151-159.
- Boudry, C.; Dalle, M.J.; Halleux, C.; Portetelle, D.; Alfred, A.C.; Havaux, X.; Giannello, P.; Thewis, A.; Bulgen, A.; Dehoux, J.P.; 2005: Effect of bovine colostrum on the morphology of the intestinal wall and the immune system when given to piglets at weaning. *Journées Recherche Porcine en France* **37**, 219-224.
- Boudry, C.; Dehoux, J.P.; Portetelle, D.; Bulgen, A.; 2008a: Bovine colostrum as a natural growth promoter for newly weaned piglets. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement* **12**, 157-170.
- Boudry, C.; Dehoux, J.P.; Wavreille, J.; Portetelle, D.; Thewis, A.; Bulgen, A.; 2008b: Effect of a bovine colostrum whey supplementation on growth performance, faecal *Escherichia coli* population and systemic immune response of piglets at weaning. *Animal* **2**, 730-737.
- Burrin, D.G.; Schulman, R.J.; Reeds, P.J.; Davis, T.A.; Gravitt, K.R.; 1992: Porcine colostrum and milk stimulate visceral organ and skeletal muscle protein synthesis in neonatal piglets. *Journal of Nutrition* **122**, 1205-1213.
- Cairangzhuoma, Yamamoto, M., Xijier, Inagaki, M., Uchida, K., Yamashita, K., Saito, S., Yabe, T., and Kanamaru, Y.; 2013: A Preparation of Cow's Late Colostrum Fraction Containing alphas1-Casein, Promoted the Proliferation of Cultured Rat Intestinal IEC-6 Epithelial Cells. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **77**; 120942-1-6.
- Fasanya, O.O.A.; Molokwu, E.C.I.; Eduvie, L.O.; 1992: Dietary supplementation in the Savanna brown goat. II. Gestation and postpartum activity in primiparous does. *Animal Reproduction Science* **29**, 167-174.

Hadorn, U.; Hammon, H.; Bruckmaier, R.M.; Blum, J.W.; 1997: Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves. *Journal of Nutrition* **127**, 2011-2023.

Hamidou, I.; 1995: *Contribution à l'analyse des paramètres de reproduction de la chèvre rousse de Maradi (Niger)*. (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar, Dakar, Sénégal.

Hammon, H.M.; Steinhoff-Wagner, J.; Flor, J.; U Schönhusen, U.; Metges, C.C.; 2013: Role of colostrum and colostrum components on glucose metabolism in neonatal calves. *Journal of Animal Science* **91**, 685-695.

Jensen, M.L.; Sangild, P.T.; Lykke, M.; Schmidt, M.; Boye, M.; Jensen, B.B.; Thymann, T.; 2013: Similar efficacy of human banked milk and bovine colostrum to decrease incidence of necrotizing enterocolitis in preterm piglets. *American Journal of Physiology: Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. Vol. 305 no. R4-R12 DOI:10.1152/ajpregu.00094.2013

Le Dividich, J.; Esnault, T.; Lynch, B.; 1989: Influence de la teneur en lipides du colostrum sur l'accrétion lipidique et la régulation de la glycémie chez le porc nouveau-né. *Journées Recherche Porcine en France* **21**, 275-280.

Le Huërou-Luron, I.; Huguet, A.; Callarec, J.; Leroux, T.; Le Dividich, J.; 2004: Supplementation of a weaning diet with bovine colostrum increases feed intake and growth of weaned piglets. *Journées Recherche Porcine en France* **36**, 33-38.

Lima, A.L.; Pauletti, P.; Susin, I.; Machado Neto, R.; 2009: Fluctuation of serum variables in goats and comparative study of antibody absorption in new-born kids using cattle and goat colostrum. *Journal Revista Brasileira de Zootecnia* **38**, 2211-2217.

Machado-Neto, R.; Grigolo, I.H.; Moretti, D.B.; Kindlein, L.; Pauletti, P.; 2011: Intestinal histology of Santa Ines lambs fed bovine or ovine colostrum. *Czech Journal of Animal Science* **56**, 465-474.

Marichatou, H.; Mamane, L.; Banoïn, M.; Baril, G.; 2002: Zootechnical Performances of Goats in Niger: Comparative Study of the Maradi Russet Goat with the Black-Coat Goat in Maradi Area. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* **55**, 79-84.

Marion, J.; Le Huërou-Luron, I.; A. Huguet, A.; Callrec, J.; Leroux, T., J. Le Dividich, J.; 2002: Supplementation of a weaning diet with a bovine colostrum extract increased villi heights in the duodenum of weaned piglets. *Journées Recherche Porcine en France* **34**, 103-108.

McDowell, R.L.; Conrad, J.H.; Ellis, L.; Lookli, J.K.; 1983: *Minerals for grazing ruminants in tropical regions*. Library of Congress Catalog Card Number 84-70238, University of Florida, Gainesville, United States America.

Moretti, D.B.; Kindlein, L.; Pauletti, P.; Machado-Neto, R.; 2010: IgG absorption by Santa Ines lambs fed Holstein bovine colostrum or Santa Ines ovine colostrum. *Animal* **6**, 933-937.

Moretti, D.B.; Nordi, W.M.; Lima, A.L.; Pauletti, P.; Machado-Neto, R.; 2013: Enteric, hepatic and muscle tissue development of goat kids fed with lyophilized bovine colostrum. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **25**, 12059.

Naba, A.M.; 2001: *Contribution à l'évaluation technique du projet d'appui à la sélection, la promotion et la diffusion de la chèvre rousse de Maradi-Niger* (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar, Dakar, Sénégal.

SAS, 1999: *Statistical Analysis System. User's guide* (5th ed., 8.2 version). SAS/STAT. Cary, NC, USA.

Sun, Q.; Chen, X.; Yu, J.; Zen, K.; Zhang, C.Y.; Li, L.; 2013: Immune modulatory function of abundant immune-related microRNAs in microvesicles from bovine colostrum. *Protein & Cell* **4**, 197-210.

Verhulst, A.; 1995: *Appui à la sélection, à la promotion et à la diffusion de la chèvre rousse de Maradi*. Institut Voor Tropische Geneeskunde (Ivtg) d'Anvers, Anvers, Belgium.

Xu, M.L.; Kim, H.J.; Chang, D.Y.; 2013: The effect of dietary intake of the acidic protein fraction of bovine colostrum on influenza A (H1N1) virus infection. *Journal of Microbiology*. DOI: 10.1007/s12275-013-2683-y.

Table 1. Azawak colostrum mean components concentrations (g/L) (Abdou et al., in press)

Composition (g/L)	Means \pm SD (n = 7)
IgG	22.5 \pm 10.7
IgA	3.3 \pm 2.1
IgM	1.7 \pm 0.8
Lactoferrin	0.2 \pm 0.1
DM	149.8 \pm 15.3
CP	67.6 \pm 9.2
EE	28.9 \pm 0.2
NFE	43.4 \pm 3.2
ash	9.9 \pm 0.7
Ca	1.3 \pm 0.2
P	1.3 \pm 0.2
K	1.4 \pm 0.2
Na	0.7 \pm 0.2
Mg	0.2 \pm 0.0

n: number

Table 2. Performances of red kids that received or not a supplement of bovine colostrum during the first 15 days of life in Maradi, Niger.

Item	Groups				Significance			SEM
	ColG		ConG		T*	S†	T* x S† Interaction	
	Male (n [§] = 11)	Female (n [§] = 9)	Male (n [§] = 8)	Female (n [§] =12)				
Period 1: Birth tod15								
BW at birth, kg	1.7	1.6	1.5	1.6	ns	ns	ns	0.1
BW at d15, kg	3.2 ^A	3.2 ^A	2.7 ^B	2.7 ^B	***	ns	ns	0.1
Total gain, kg	1.4 ^A	1.6 ^A	1.1 ^B	1.2 ^B	***	†	ns	0.1
ADG, g/d	95.0 ^A	105.8 ^A	70.0 ^B	79.3 ^B	***	ns	ns	5.7
Number of kids at d15	8	8	6	8				
Period 2: d15 to d197 (weaning)								
BW at d15, kg	3.2 ^A	3.2 ^A	2.7 ^B	2.7 ^B	***	ns	ns	0.1
BW at d197, kg	14.8 ^A	14.4 ^A	11.8 ^{aB}	10.6 ^{bB}	***	**	ns	0.2
Total gain, kg	11.7 ^A	11.2 ^A	9.0 ^{aB}	7.8 ^{bB}	***	*	ns	0.3
ADG, g/d	64.1 ^A	61.5 ^A	49.6 ^{aB}	43.3 ^{bB}	***	*	ns	1.6
Number of kids at d197	7	8	3	7				
Period 3: d197 (weaning) to d365 (the end of study)								
BW at d197, kg	14.8 ^A	14.4 ^A	11.8 ^{aB}	10.6 ^{bB}	***	**	ns	0.2
BW at d365, kg	21.8 ^{aA}	21.2 ^{bA}	18.5 ^{aB}	16.4 ^{bB}	***	***	*	0.2
Total gain, kg	7.2 ^A	6.8 ^A	6.2 ^{aB}	5.5 ^{bB}	***	*	ns	0.4
ADG, g/d	42.7 ^A	40.1 ^A	36.9 ^{aB}	32.8 ^{bB}	***	*	ns	0.8
Number of kids at d365	7	8	3	6				

ns: not significant ($P > 0.05$); † ($P < 0.1$); * ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); *** ($P < 0.001$).

^{a,b} For a same treatment and same line, values assigned to two different small letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{A,B} For a same sex and same line, values assigned to two different capital letters are significantly different ($P < 0.05$).

*T: Treatment.

†S: Sex.

*T x †S: Treatment x Sex (interaction).

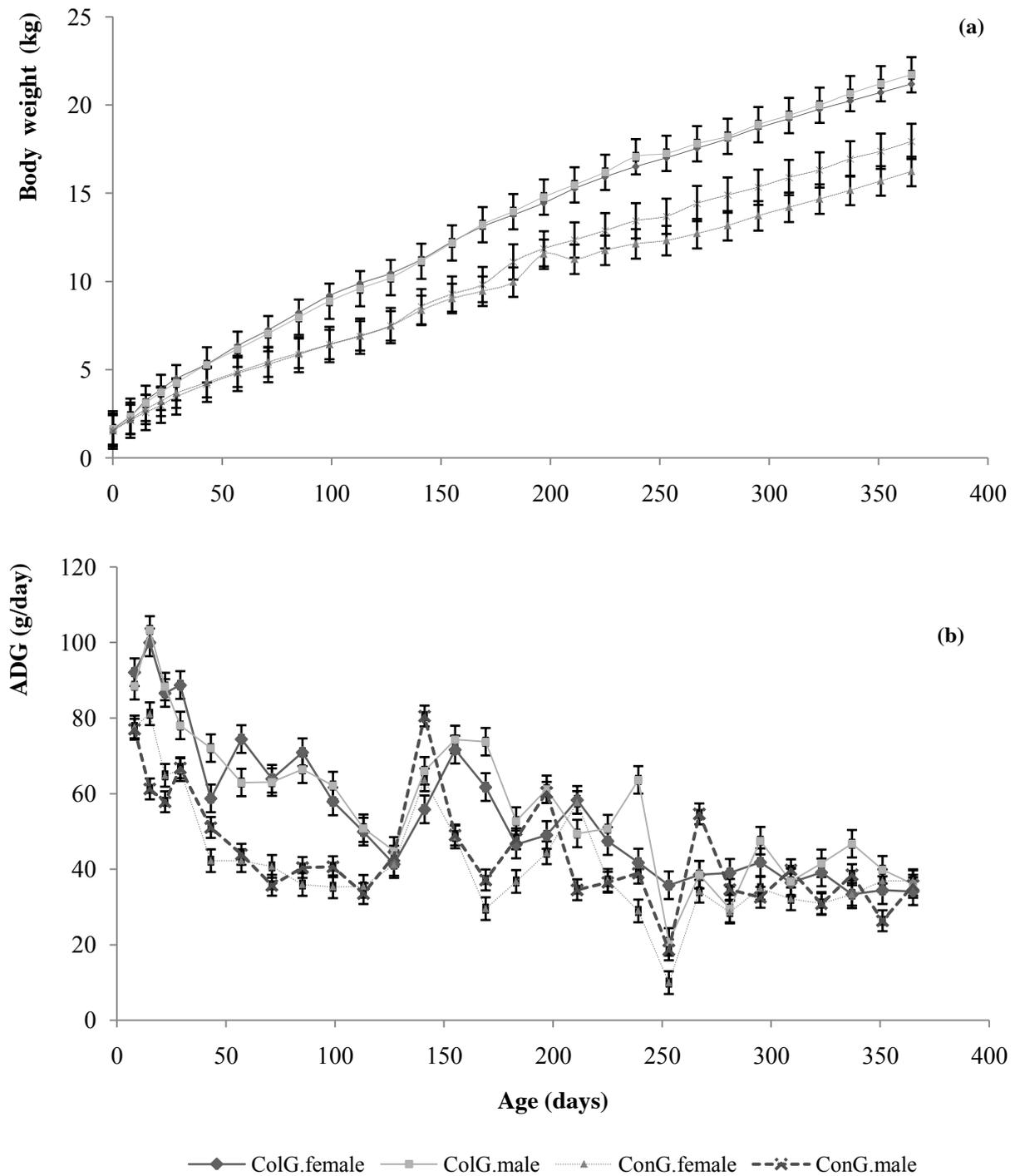


Figure 1. Evolution of body weight (a) and ADG (b) of red kids that received or not a supplement of bovine colostrum during the first 15 days of live in Maradi, Niger. The values are expressed as least squares means \pm se (standard error).

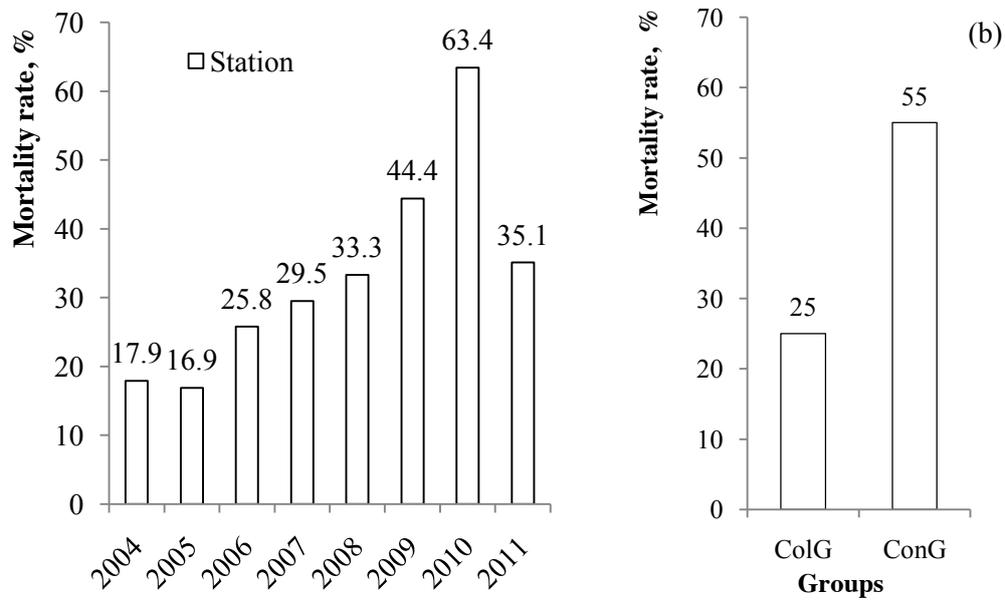


Figure 2. Mortality observed from 2004 to 2010 in Goat Farm Secondary Center in Maradi (a) and during the experiment (b).

ColG: Colostrum group

ConG: Control group

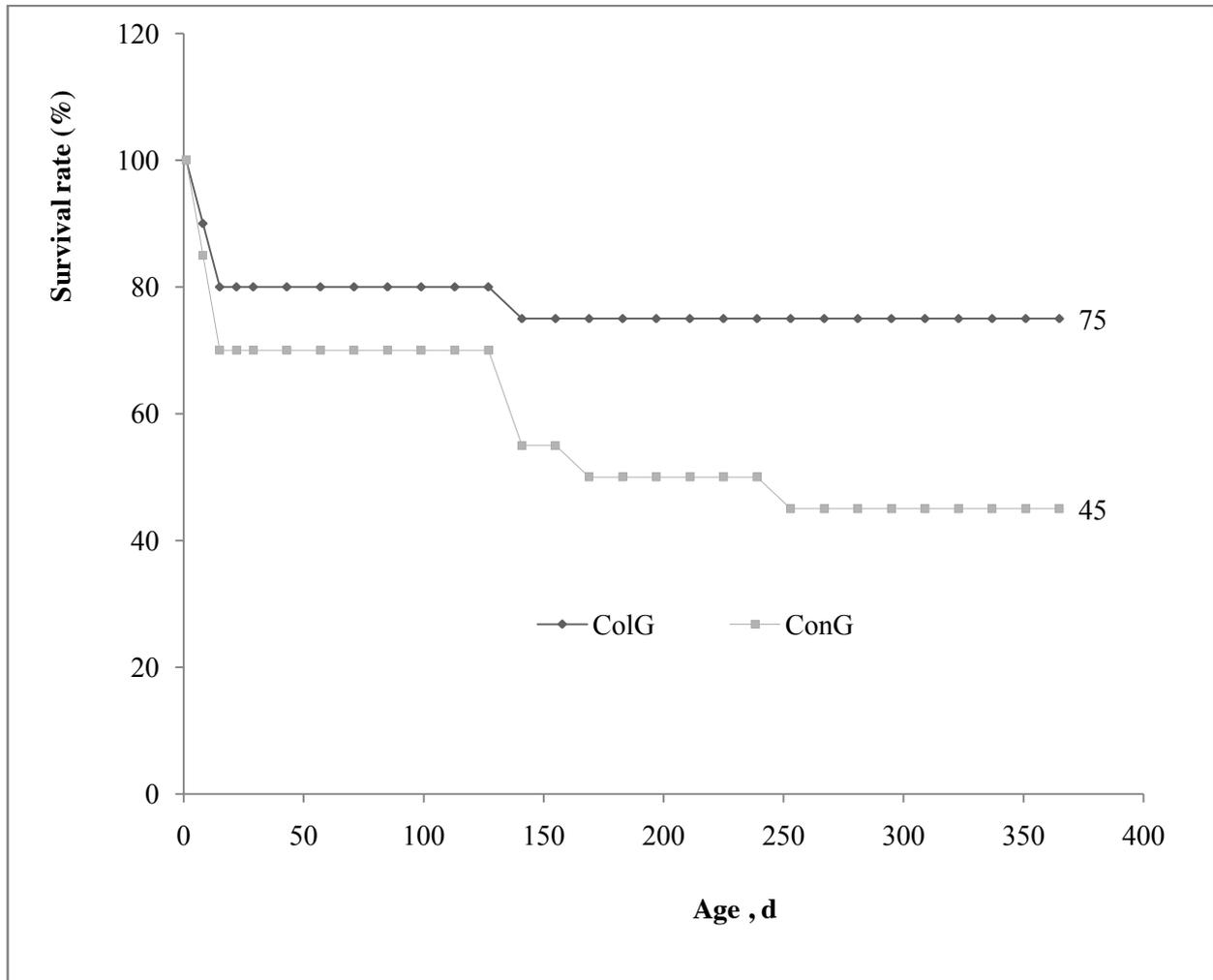


Figure 3. Evolution of survival rate of kids that received or not a supplement of colostrum during the first 15 days of live in Maradi, Niger.

Manuscrit 5 à soumettre pour publication

Chapitre VI: La supplémentation avec du colostrum de bovin Azawak pendant les deux premières semaines postnatales améliore les performances et la survie chez le cabri roux pendant la première année de vie.

Résumé:

L'objectif du travail est de mesurer l'effet de la supplémentation avec du colostrum bovin Azawak chez des cabris roux nouveau-nés allaités par leur mère, dans les conditions d'élevage de type semi-intensif du Niger. L'étude a été conduite au Centre Secondaire d'Élevage Caprin de Maradi (CSECM). Quarante chevreaux nouveau-nés, sans distinction de sexe, ont été répartis au hasard, en 2 groupes: un groupe « Témoin-T » ne recevant que le lait maternel par tétée (n=20) et un groupe « Colostrum-C » qui a le même régime mais qui en plus, est supplémenté en colostrum bovin décongelé (50 ml le 1^{er} j de vie, en 2 repas puis 25 ml/j entre les âges de 2 et 15j; n=20). Les résultats indiquent que la supplémentation avec du colostrum bovin au cours des 15 premiers jours de vie, augmente la croissance des chevreaux principalement jusqu'au sevrage, modifie quelques paramètres baryométriques, améliore l'état sanitaire et diminue le taux de mortalité. A notre connaissance, dans l'environnement étudié, ce travail est **original** et semble apporter de **nouvelles connaissances** qui auront probablement des **applications pratiques** dans les régions présentant des conditions d'élevage assez difficiles.

Mots-clés: Colostrum, bovin Azawak, performances, survie, cabris.

Supplementation with Azawak bovine colostrum during the first two weeks postpartum improves performance, and survival in Red kids during the first year of life.

Abstract

The aim of this work was to measure the effect of supplementation with bovine colostrum Azawak among newborn Red goats breastfed in breeding conditions for semi-intensive type of Niger. The study was conducted in Secondary Goat Breeding Center of Maradi (SGBCM). Forty newborn kids, regardless of sex, were divided randomly into two groups: a "T-Control " group receiving only breast milk per feeding (n = 20) and a "C-Colostrum" group having the same diet but supplemented with bovine colostrum thawed (50 ml the first day of life, then 25 ml in 2 meals/ day between the ages of 2 and 15d, n = 20). The results indicate that supplementation with bovine colostrum in the first 15 days of life, increases the growth of kids until weaning, modifie some barometric changes some settings improves health status and reduces the mortality rate. To our knowledge, in the studied environment, this work is **original** and seems to bring *new knowledges* likely to have *practical applications* in areas with farming conditions quite difficult.

Keywords: Colostrum; bovine Azawak; performance; survival; goats.

1. INTRODUCTION

La rentabilité de l'élevage caprin est étroitement liée non seulement au nombre des cabris sevrés obtenus par chèvre et par an, mais également à la vitesse de croissance des jeunes, elle-même tributaire d'un régime alimentaire équilibré (Apper-Bossard *et al.*, 2009). Au Niger, où les conditions climatiques sont aléatoires, l'alimentation constitue un facteur limitant et les animaux meurent le plus souvent par inanition. Chez la chèvre rousse les naissances multipares gémellaires sont fréquentes et les mères peinent à couvrir les besoins nutritionnels de leurs progénitures, notamment en colostrum. En 2010, les statistiques non publiées du Centre Secondaire d'Élevage Caprin de Maradi (CSECM), ont révélé qu'en moyenne 76 % des cabris meurent avant l'âge de 2 mois d'âge, principalement en raison de malnutrition. Par ailleurs, une vache produit généralement une quantité de colostrum supérieure aux besoins de son veau, ce qui permet de constituer une mini banque de ce produit. La supplémentation en colostrum de bovin de race zébu Azawak pourrait être envisagée (Lamirault, 1998; N'Diaye-Wereme *et al.*, 1998), dans la mesure où il contient des facteurs de défense primaire (immunoglobulines, lactoferrine), des nutriments, des facteurs de croissance (IGF1 et 2) d'intérêt pour les jeunes caprins (Godden *et al.*, 2009 ; Du *et al.*, 2011 ; Khul *et al.*, 2011 ; Moretti *et al.*, 2012). Cette étude a pour but d'évaluer l'impact de l'administration précoce de colostrum zébu Azawak sur les performances de chevreaux roux de Maradi, au cours de l'année suivant leur naissance.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Site expérimental

L'étude a été conduite au CSECM du Niger du 16 septembre 2011 30 octobre 2012. La pluviométrie moyenne annuelle dans la région se situe entre 600 et 700 mm et la température diurne ambiante moyenne est de 35°C en saison pluvieuse. La ville de Maradi est située à environ 600 km au Sud-Est de Niamey entre le 13° et le 15° 26' de latitude Nord et le 6°16' et le 8°33' de longitude Est. Le CSECM créé en 1963, se trouve à 3,5 km à l'Est de la ville de Maradi et s'étend sur une superficie de 1850 hectares (ha) divisée en 3 parcs (x, y et Z). Les troupeaux sont logés dans des bâtiments construits en matériaux durs.

Le système d'élevage pratiqué au CSECM est de type semi-intensif où l'aliment de base résulte de pâturages sur parcours naturel. Les animaux pâturent sous la conduite des bergers et reçoivent, deux soirs par semaine, un complément de concentrés constitué de son de blé et de tourteau de coton. Ils ont à leur disposition des pierres à lécher en permanence dans les râteliers. L'eau est donnée *ad libitum* aux animaux.

2.2. Collecte et analyses du colostrum

La composition du colostrum, telle que présentée dans les études, se base sur une moyenne observée sur les 7 échantillons initialement prélevés pour la méta-analyse. Pour la présente étude, la collecte du colostrum a été effectuée par traite manuelle dans la Station Sahélienne Expérimentale de Toukounous (SSET) permettant la création d'une mini-banque de colostrum. Le colostrum (8,5 litres) provenait d'une seule vache de race Zébu Azawak avec un régime alimentaire de base en pâturant sur parcours naturels. Pendant la saison sèche, les vaches laitières sont complémentées avec du son de blé ou des graines de coton (2 kg de MS/jour/animal). Le colostrum a été recueilli dans un récipient avant la première tétée, homogénéisé, puis aliquoté dans des tubes avant d'être conservé au congélateur dès la première heure suivant la collecte. La chaîne froide n'a pas été interrompue de la collecte du colostrum jusqu'à son administration. La vache donneuse de colostrum avait été vaccinée contre la péripneumonie contagieuse bovine au mois de juillet 2011. Aucune maladie connue chez les bovins susceptible d'être transmise aux caprins ou aux ovins a été signalée au cours de l'année 2011 à la SSET.

Le colostrum a été analysé pour déterminer la composition chimique et la teneur des immunoglobulines (Tableau I). Les Immunoglobulines (Ig) et la lactoferrine (Lf) colostrum ont été mesurés au Centre d'Economie Rurale de Marloie (Belgique) par ELISA, en suivant les recommandations du fabricant (Bethyl quantitative ELISA en sandwich ®, Montgomery, USA). La teneur en matière sèche (MS), en matières minérales (MM), en lactose, en extrait étheré d'extractif non azoté (ENA) et en matière azotée totale (MAT) ont été mesurées selon les méthodes de l'Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) ont été déterminés par absorption atomique, le potassium (K) et le sodium (Na) par émission de flamme et le phosphore (P) par spectrophotométrie.

2.3. Animaux et expérimentation

Le protocole expérimental a été approuvé par le Laboratoire des Productions Animales/Faculté d'Agronomie/Université Abdou Moumouni de Niamey en collaboration avec la direction générale des services vétérinaires du Niger. Quarante (40) cabris nouveau-nés des deux sexes (poids moyen de $1,7 \pm 0,1$ kg) ont été pris en compte. Chaque animal a été identifié par un numéro alphanumérique indiquant l'appartenance au parc (x, y et z), le rang de naissance et le sexe. Les chevreaux ont été répartis au hasard en deux groupes: témoin (groupe T) et colostrum (groupe C), chacun composé de 20 animaux (Tableau II) qui ont reçu, à volonté, un même régime (aliment de base) constitué du lait maternel par tétée et d'eau propre distribuée *ad libitum*. Les chevreaux du groupe C ont bénéficié individuellement et par voie orale d'un supplément de 50 ml de colostrum au biberon réparti en deux

repas au cours du premier jour suivant la naissance (j1) puis 25 ml/j du deuxième (j2) au quinzième jour (j15), tandis que ceux du groupe T n'ont pas reçu de supplément. Il a été distribué aux chevreaux du colostrum décongelé quelques minutes avant l'administration. Pour décongeler le colostrum, de l'eau tiède a été utilisée pendant 5 à 10 mn. Depuis la collecte du colostrum jusqu'à l'administration au chevreau, la chaîne froide n'a jamais été interrompue. À partir du sevrage, l'alimentation des chevreaux s'est effectuée à partir de pâturages sur parcours naturel.

2.4. Les paramètres mesurés

L'effet de l'administration du colostrum bovin a été étudié jusqu'à l'âge de 365j pour les chevreaux, au cours de 3 périodes successives: période de la supplémentation en colostrum (période 1, durée:15 j), du 16^{ème} j au sevrage (période 2, durée: 182 j), du sevrage à la fin de l'étude (période 3, durée: 168 j). Chez tous les chevreaux, des pesées individuelles hebdomadaires ont été effectuées jusqu'à l'âge d'un mois après la naissance, puis bihebdomadaires jusqu'à l'âge de 365 j. Chez les chevrettes, du sevrage (à l'âge de 197 j) à la fin des mises bas (durée de 168 j), les paramètres de reproduction suivants ont été mesurés: âge moyen à la première mise bas (AMPMB), taux de fécondité, de fertilité et de prolificité. Chez tous les animaux, des mesures baryométriques (hauteur au garrot, longueur scapulo-ischiale, longueur de la tête, périmètre thoracique, longueur des poils) ont été effectuées à l'aide d'un mètre ruban à l'âge de 365 jours. Les mortalités constatées tout au long de l'étude ont été également enregistrées et leurs causes probables identifiées suite aux diagnostics dressés par les agents chargés du suivi sanitaire des animaux, dans les différents bâtiments d'élevage (x, y et z). Ce diagnostic est basé sur un examen des signes cliniques accompagné d'une interrogation (anamnèse) du berger chargé de la conduite des animaux.

2.5. Analyses statistiques

Les données primaires relatives aux mesures de poids vif ont été analysées à l'aide d'un modèle mixte (SAS, 1999) incluant les effets du traitement, de l'âge, de la portée, du sexe et autorisant l'inclusion d'un effet autorégressif de type 1 pour des données répétées mesurées sur le même animal. Les performances par périodes (naissance, fin de supplémentation en colostrum, sevrage, fin de l'essai) ont été analysées à l'aide d'un modèle généralisé linéaire (SAS, 1999) incluant les effets du traitement, du sexe et de leur interaction, les autres facteurs s'étant révélés systématiquement non significatifs. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test t de Student. Pour l'AMPMB et le périmètre thoracique, le test t de Student a été utilisé pour comparer les moyennes arithmétiques. Concernant les mortalités, le

test de chi-deux a permis de déterminer le degré de signification de la différence constatée entre les deux traitements.

3. RÉSULTATS

3.1. Mortalités

A l'âge de 365 j, les deux sexes confondus, les mortalités enregistrées lors de la présente étude ont été numériquement plus élevées dans le groupe T (10 animaux, soit 50 %) que dans le groupe C (3 animaux, soit 15 %; $P < 0,05$). La figure 1 montre l'effet positif de la supplémentation en colostrum pendant les 15 premiers jours de vie sur l'évolution du taux de survie des animaux jusqu'à l'âge de 1 an.

3.2. Croissance pondérale

Les poids de naissance dans les deux groupes étaient similaires (1,65 kg vs 1,64 kg; NS). Par contre, à la fin de la période 1, le poids vif et donc le gain de poids total des chevreaux du groupe C étaient plus élevés (+0,61 kg; $P < 0,001$) que ceux des animaux du groupe T (Tableau III). La vitesse de croissance était également améliorée (+41,0 g/j; $P < 0,001$).

Pendant la période 2 (durée de 182j), la croissance a été plus faible, mais l'effet positif de l'apport de colostrum constaté pendant la période 1, s'est maintenu. Ainsi, le gain total moyen réalisé par les animaux du groupe C a été supérieur (+5,14 kg) à celui observé chez ceux du groupe T, ce qui correspond à une amélioration de la vitesse de croissance moyenne (+28,25 g/j, $P < 0,001$). Pendant la période 3 (168 jours), le gain total moyen et le gain moyen quotidien (GMQ) ont été plus élevés dans le groupe C que dans le groupe T (+2,9 à 5,7%), mais l'effet de la supplémentation en colostrum n'était pas significatif (Tableau III).

Concernant l'évolution pondérale sur toute la durée de l'étude, le poids vif et le GMQ ont évolué de façon inverse (Figure 2). Les animaux du groupe C commençaient à être plus lourds ($P < 0,001$) que ceux du groupe T dès la deuxième semaine de vie. Les GMQ ont atteint des valeurs maximales pendant les premiers 50j, pour décroître ensuite régulièrement, mais l'effet du colostrum s'est poursuivi de manière constante et significative ($P < 0,001$) jusqu'au sevrage, donc bien au delà de la période de supplémentation.

3.3. Paramètres de reproduction et mesures corporelles

Malgré le faible effectif d'animaux pouvant être utilisés dans cette expérience ($n= 6$ et 8 respectivement dans les groupes T et C), il est intéressant de rapporter les paramètres de reproduction obtenus, puisque, à notre connaissance, il n'existe pas de données publiées dans ce domaine chez les jeunes animaux domestiques, et plus particulièrement chez les cabris roux. Les valeurs moyennes de l'AMPMB étaient de $13,2 \pm 0,7$ et $14,2 \pm 0,2$ mois, respectivement pour les groupe C et T; $P = 0,07$).

Les valeurs des mesures corporelles effectuées chez les animaux du groupe C ont été supérieures à celles obtenues chez ceux du groupe T (Tableau IV), mais les écarts n'ont pas été significatifs, excepté pour la longueur de la tête et le périmètre thoracique ($P < 0,001$ et $0,05$, respectivement).

4. DISCUSSION

4.1. Mortalités

Les causes de mortalité des cabris au CSECM sont assez peu connues. Même s'il trouve au Niger des milieux physique et humain favorables à son plein essor, l'élevage caprin reste confronté à d'énormes difficultés notamment d'ordre sanitaire (Oumarou, 1986). Pendant la présente étude, le diagnostic dressé par les agents chargés du suivi sanitaire des animaux dans les différents parcs a montré que les mortalités enregistrées étaient dues à des affections gastro-intestinales (5 cas) ou respiratoires (6 cas), à une malnutrition (1 cas) et à des traumatismes (1 cas, suite à un coup de corne). Ceci confirme qu'une mauvaise alimentation des chèvres pendant la gestation et la lactation, associée à un manque d'hygiène générale et une mauvaise surveillance, semblent être à l'origine des fortes mortalités qui sont parfois observées (Poindron *et al.*, 2007). D'autres facteurs pourraient aussi être impliqués.

Le poids à la naissance (Baillet, 2009) et la saison (Youssao *et al.*, 2009) peuvent influencer le taux de mortalité chez les espèces animales. Généralement, le poids à la naissance est un facteur déterminant pour la survie du nouveau-né (Trocon et Petit, 1989). Selon les données non publiées du CSECM (2010), le taux de mortalité avoisine 100 % pour les jeunes animaux dont le poids à la naissance est inférieur ou égal à 1 kg. Dans la présente étude, le poids à la naissance ne peut pas être incriminé car il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes et la valeur moyenne observée est de 1,6 kg. Il en est de même pour la saison de naissance puisque cette dernière a débuté en saison pluvieuse pendant laquelle les conditions climatiques (température ambiante, humidité, pluies) sont favorables et le fourrage abondant. Le niveau de technicité des bergers dans la conduite du troupeau pourrait interférer. Ces résultats sont en accord avec le fait qu'une saison de naissance précise et bien choisie ainsi qu'une amélioration des conditions de mise bas et de la conduite des cabris sous la mère, réduiraient ces mortalités (Hoch *et al.*, 2003).

Au cours de la gestation, une bonne alimentation pourrait diminuer les pertes enregistrées en post-partum par l'augmentation de la quantité et la qualité du colostrum produit par la mère (Kuralkar et Kuralkar, 2010 ; Kaewlamun *et al.*, 2011 ; Hawken *et al.*, 2012). Le taux de survie est meilleur chez des veaux ayant reçu du colostrum au-delà de la période de fermeture de la barrière intestinale

(Brignole et Stott, 1980). Dans ce cas, les immunoglobulines peuvent avoir un effet prophylactique local sur l'intestin et réduire la survenue des pathologies post-natales courantes (Mayer *et al.*, 2002). Dans la présente étude, la diminution importante de mortalité observée dans le groupe C, par comparaison au groupe T, indique que, dans les conditions d'élevage de l'expérimentation, le colostrum a eu vraisemblablement un impact très important sur la survie des animaux.

4.2. Croissance pondérale

A notre connaissance, c'est la première fois qu'un tel phénomène est décrit dans la littérature. Estimer les effets de la supplémentation rapportés dans la littérature reste difficile en raison du manque d'éléments permettant d'établir les calculs sur une même base. De plus, il faut être prudent lors des comparaisons, car des expérimentations ne se sont intéressées à la supplémentation qu'après le sevrage, alors que dans la présente expérience, elle commence dès le 1^{er} j postnatal. La physiologie digestive est en effet différente à ces 2 stades et la comparaison n'est probablement pas appropriée. Le protocole utilisé dans la présente expérience en fait la principale originalité de l'essai.

À 30 jours d'âge, le poids moyen du groupe T est relativement similaire à ceux obtenus par d'autres auteurs (Robinet, 1967 ; Oumara, 1986 ; Marichatou *et al.*, 2002). Par ailleurs, le poids moyen des animaux du groupe C a été nettement supérieur à celui des chevreaux du groupe T ($5,6 \pm 0,5$ vs $4,2 \pm 0,5$ kg, $P < 0,001$). En se référant aux données de la littérature indiquées ci-dessus, les résultats obtenus pour les animaux du groupe C, sont associés à l'apport en colostrum bovin.

Dans le modèle utilisé, les données ont été corrigées pour les effets du traitement, de l'âge et du sexe. La différence de croissance observée entre les deux groupes ne peut être attribuée qu'à l'effet du traitement associé à l'âge. L'analyse a par ailleurs révélé plusieurs points. Le traitement a fortement influencé les performances de croissance jusqu'au sevrage. Le sexe a interféré à partir du sevrage lorsque les mâles commençaient à être plus lourds que les femelles. En revanche, les autres facteurs étudiés n'ont pas eu d'effet significatif sur les résultats obtenus. L'ensemble de ces résultats est amélioré par rapport à ceux obtenus ($+21,8 \pm 0,2$ kg au 365^{ème} j pour le poids vif) par Abdou *et al.* (2013) au cours d'un essai précédent. Dans ce dernier, la supplémentation en colostrum était inférieure (50 ml/animal pendant le premier jour suivant la naissance et seulement 15ml/animal/j pendant les 14 j suivants) dans les mêmes conditions d'élevage que les animaux de la présente étude, suggérant un effet dose sur les performances animales.

Le meilleur GMQ ($129,15$ g/j) obtenu chez le groupe C (vs $88,19$ g/j pour le groupe T; $P < 0,001$), à la fin de la période de supplémentation, suggère un effet très positif de la supplémentation colostrale sur la vitesse de croissance. Le GMQ obtenu dans la présente étude est similaire à celui ($92,0 \pm 4,8$ g/j à 70j d'âge) rapporté par Mellado *et al.* (2008) chez les chevreaux ayant reçu du colostrum bovin à la naissance. Pluske *et al.* (1999) et Jensen *et al.* (2013) ont constaté des effets similaires chez des

porcelets. En revanche, des travaux réalisés dans des bonnes conditions d'élevage, chez des porcelets sevrés à l'âge de 28 jours et recevant un régime supplémenté avec 2 % de colostrum pendant les 14 j post-sevrage, suggèrent que des performances de croissance sont similaires voire supérieures à celles des animaux recevant un aliment supplémenté avec 4 % de colostrum (Le Huërou-Luron *et al.*, 2004). Des études similaires effectuées chez des porcelets supplémentés avec 2% de colostrum dans la ration, ont abouti à la même conclusion, à l'âge de 21 jours (Boudry *et al.*, 2005).

Ce résultat intéressant pourrait être associé à une demi-vie assez longue des anticorps bovins dans le sang des chevreaux ce qui pourrait avoir un meilleur effet protecteur contre les agents pathogènes (bactéries et virus) au niveau général ou au niveau intestinal local (Godden *et al.*, 2009 ; Du *et al.*, 2011). Mais d'autres facteurs peuvent être en cause.

Si un effet positif peut être lié à la valeur nutritive et surtout celle de l'énergie (6,0 mJ/l) de colostrum bovin (Blum et Hammon, 2000), elle ne peut pas expliquer un effet au delà de la période de distribution. Les 25 ml de colostrum proposé tous les jours aux chevreaux représentaient environ 0,2 mJ/l, soit seulement 15,1 % des besoins énergétiques quotidiens d'un chevreau nouveau-né. L'effet positif de la supplémentation en colostrum pourrait être également en relation avec l'effet métabolique dû aux différents composés (Boland *et al.*, 2005) contenus dans le produit (lipides, protéine, minéraux, vitamines, hormones, etc.) qui permettraient un développement et une croissance plus rapides de ces cabris. Le colostrum interviendra plus spécialement dans le métabolisme lipidique en régulant la concentration plasmatique post-partum en acides gras non estérifiés, en leptine, ainsi que le métabolisme des triglycérides, des phospholipides et du cholestérol (Hadorn *et al.*, 1997 ; Rauprich *et al.*, 2000). Il régule aussi la glycémie, la néoglucogenèse hépatique, et l'insulinémie (Hammon et Blum, 2002). Le colostrum contient des hormones, des facteurs de croissance (IGF1 et 2), des enzymes (lactoperoxydase, lysozymes), des cytokines qui pourraient stimuler le développement et le fonctionnement du tractus gastro-intestinal dès la naissance (Blum et Hammon, 2000) ce qui lui permettrait d'être plus efficace par la suite.

4.3. Paramètres de reproduction et mesures corporelles

En ce qui concerne l'AMPMB, la valeur moyenne obtenue pour les animaux du groupe T, est inférieure à celles observées par d'autres auteurs, en station, donc dans de meilleures conditions d'élevage (Naba, 2001 ; Marichatou *et al.*, 2002). La tendance, en faveur du groupe C semble donc d'autant plus importante. Elle pourrait être liée indirectement à l'effet de supplémentation au colostrum. Celle-ci a permis aux femelles ayant bénéficié du produit d'acquérir une vitesse de croissance supérieure à celle du groupe témoin, permettant d'avancer la maturité sexuelle (puberté) et d'obtenir un poids et une fécondation plus précoce dans le groupe C. Les taux de fécondité et fertilité n'ont pas été modifiés par un apport de colostrum bovin, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que

chez la chèvre rousse, les naissances gémellaires sont rares à la première mise bas (Marichatou *et al.*, 2002).

Pour les mesures corporelles, les résultats obtenus suggèrent que le traitement a été plus efficace sur le volume corporel et la croissance des tissus mous (Moretti *et al.*, 2013) et donc sur la capacité de l'animal à stocker des réserves plutôt que sur la croissance des rayons osseux.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Compte tenu des résultats obtenus, le colostrum bovin semble être un véritable «facteur de croissance» et jouer un rôle de protection contre la mortalité pour les chevreaux. En effet, le poids vif et le gain moyen quotidien des animaux supplémentés ont connu un accroissement important et durable. Les animaux ont également mieux résisté aux contraintes d'environnement.

Il serait intéressant de poursuivre ces études pour confirmer l'hypothèse selon laquelle l'administration du colostrum bovin influence positivement le taux d'anticorps plasmatique naturels ou d'origine bovine chez les chevreaux. Une étude comparative de la composition chimique du colostrum de bovin et de caprin s'avère aussi nécessaire. Enfin, l'impact à plus long terme de l'administration de colostrum sur la carrière des femelles reproductrices, mérite également d'être investigué.

REFERENCES

- ABDOU H., MARICHATOU H., BECKERS J-F., DUFRASNE I., ISSA M., HORNICK J-L. Effect of bovine colostrum intake on animal performance, reproductive parameters and survival in Red kids. 2013, DOI: 10.1111/jpn.12143.
- AOAC: Association of Official Analytical Chemists, 18th edition, Current through revision 1 AOAC INTERNATIONAL, Arlington, VA, USA, 2006.
- APPER-BOSSARD E., PEYRAUD J-L., DOURMAD J.Y. Effet du bilan électrolytique de la ration sur l'équilibre acido-basique et les performances zootechniques des animaux domestiques à fort niveau de production. *INRA. Prod. Anim.*, 2009, **22**, 117-130.
- BAILLET M. Les principales urgences médicales chez les bovins (Thèse de Médecine Vétérinaire). École Nationale Vétérinaire d'Alfort: Alfort, 2009, 214p.
- BLUM J.W., HAMMON H.M. Colostrum effects on the gastro-intestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livest. Prod. Sci.*, 2000, **66**, 151-159.
- BOLAND T.M., BROPHY P.O., CALLAN J.J., QUINN P.J., NOWAKOWSKI P., CROSBY T.F. The effects of mineral supplementation to ewes in late pregnancy on colostrum yield and immunoglobulin G absorption in their lambs. *Livest. Prod. Sci.*, 2005, **97**, 141-150.
- BOUDRY C., DALLE M.J., HALLEUX C., PORTETELLE D., ALFRED COLLARD A., HAVAUX X., GIANELLO P., THEWIS A., BULDGEN A., DEHOUX J.P. Effet du colostrum bovin administré à des porcelets au sevrage sur la morphologie de la paroi intestinale et sur le système immunitaire. *Journ. Rech. Porcine Fr.*, 2005, **37**, 219-224.
- BRIGNOLE T.J., STOTT G.H. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. *J. Dairy Sci.*, 1980, **63**, 451-456.
- DU M., XU W., YI H., HAN X., WANG C., ZHANG L. Protective effects of bovine colostrum acid proteins on bone loss of ovariectomized rats and the ingredients identification. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2001, **55**, 220-228.
- GODDEN S.M., HAINES D.M., KONKOL K., PETERSON J. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *J. Dairy. Sci.*, **92**, 2009, 1758-1764.
- HADORN U., HAMMON H., BRUCKMAIER R.M., BLUM J.W. Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves. *J Nutr.*, 1997, **127**, 2011-2023.
- HAMMON H.M., BLUM. J.W. Feeding different amounts of colostrum or only milk replacer modify receptors of intestinal insulin-like growth factors and insulin in neonatal calves. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 2002, **22**, 155-168.
- HAWKEN P.A.R., WILLIMAN M., MILTON J., KELLY R., NOWAK R., BLACHE D. Nutritional supplementation during the last week of gestation increased the volume and reduced the

- viscosity of colostrum produced by twin bearing ewes selected for nervous temperament. *Small. Rum. Res.*, 2012, **105**, 308-314.
- HOCH T., BEGON C., CASSAR-MALEK I., PICARD B., SAVARY-AUZÉLOUX I. Mécanismes et conséquences de la croissance compensatrice chez les ruminants. *INRA. Prod. Anim.*, 2003, **16**, 49-59.
- JENSEN M.L., SANGILD P.T., LYKKE M., SCHMIDT M., BOYE M., JENSEN B.B., THYMAN T. Similar efficacy of human banked milk and bovine colostrum to decrease incidence of necrotizing enterocolitis in preterm piglets. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 2013, **8**, 8.
- KAEWLAMUN W., OKOUYI M., HUMBLLOT P., REMY D., TECHAKUMPHU M., DUVAUX-PONTER C., PONTER A.A. The influence of a supplement of β -carotene given during the dry period to dairy cows on colostrum quality, and β -carotene status, metabolites and hormones in newborn calves. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 2011, **165**, 31-37.
- KUHL J., AURICH J.E., WUL M., HURTIENNE A., SCHWEIGERT F.J., AURICH C. Effects of oral supplementation with beta-carotene on concentrations of beta-carotene, vitamin A and alpha-tocopherol in plasma, colostrum and milk of mares and plasma of their foals and on fertility in mares. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2011, **4**, 1439-0396.
- KURALKAR P., KURALKAR S.V. Nutritional and Immunological Importance of Colostrum for the new born. *Vet. World.*, 2010, **3**, 46-47.
- LAMIRAULT C. Le colostrum de chamelle, bovin et petits ruminants. Synthèse bibliographique, Enitac, 1998, 21p.
- LE HUËROU-LURON I., HUGUET A., CALLAREC J., LEROUX T., LE DIVIDICH J. La supplémentation de l'aliment de sevrage en colostrum bovin améliore l'ingestion et les performances zootechniques chez les porcelets au sevrage. *J. Rech. Porcine.*, 2004, **36**, 33-38.
- MARICHATOU H., MAMANE L., BANOIN M., BARIL G. Performances zootechniques des caprins au Niger : étude comparative de la chèvre rousse de Maradi et de la chèvre à robe noire dans la zone de Maradi. *Rev. Élev Méd. Vét. Pays Trop.*, 2002, **55**, 79-84.
- MAYER B., ZOLNAI A., FRENYO L.V., JANCSIK V., SZENTIRMAY Z., HAMMARSTROM L., KASCKOVICS I. Localization of the sheep FcRn in the mammary gland. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 2002, **87**, 327-330.
- MELLADO M., PITTROFF W., GARCIA J.E., MELLADO J. Serum IgG, blood profiles, growth and survival in goat kids supplemented with artificial colostrum on the first day of life. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2008, **40**, 141-145.
- MORETTI D.B., NORDI W.M., LIMA A.L., PAULETTI P., SUSIN I., MACHADO-NETO R. Lyophilized bovine colostrum as a source of immunoglobulins and insulin-like growth factor for newborn goat kids. *Livest. Sci.*, 2012, **144**, 1-10.

- MORETTI D.B., NORDI W.M., LIMA A.L., PAULETTI P., MACHADO-NETO R. Enteric, hepatic and muscle tissue development of goat kids fed with lyophilized bovine colostrum. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2013, **25**, 12059.
- NABA A.M. Contribution à l'évaluation technique du projet d'appui à la sélection, la promotion et la diffusion de la chèvre rousse de Maradi-Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar: Dakar, 2001, 83p.
- N'DIAYE-WEREME A., GRONGNET J.F., TAMBOURA H., NIANOGO A.J., SAWADOGO L. L'acquisition de l'immunité passive par le chevreau nouveau-né de race Naine Mossi. Rôle d'une assistance à la tétée. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **51**, 1998, 289-292.
- OUMARA A.D. Croissance et viabilité de la chèvre rousse de Maradi au Centre d'élevage caprin de Maradi au Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar: Dakar, 1986, 122p.
- PLUSKE J.R., HAMPSON D.J., WILLIAMS I.H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig. *Livest. Prod. Sci.*, 1997, **51**, 215-236.
- POINDRON P., LEVY F., NOWAK R. Comportement de la mère et du nouveau-né chez les mammifères : mécanismes d'activation. *INRA. Prod. Anim.*, 2007, **20**, 393-408.
- RAUPRICH A.B.E., HAMMON H.M., BLUM J.W. Influence of feeding different amounts of first colostrum on metabolic, endocrine, and health status and on growth performance in neonatal calves. *J. Anim. Sci.*, 2000, **78**, 896-908.
- ROBINET A.H. La chèvre rousse de Maradi. Son exploitation et sa place dans l'économie de l'élevage de la République du Niger. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1967, **20**, 129-186.
- SAS: Statistical Analysis System. User's guide (5th ed., 8.2 version). SAS/STAT. Cary, NC, USA, 1999.
- TROCCON J.L., PETIT M. Croissance des génisses de renouvellement et performances ultérieures. *INRA. Prod. Anim.*, 1989, **2**, 55-64.
- YOUSSAO A.K.I., KOUTINHOIN G.B., KPODEKON T.M., AGNANDJO H., TOURE Z., AHISSOU A. Influence d'une sélection phénotypique sur les performances de croissance et les caractères de développements musculaire et squelettique de jeunes bovins de race Borgou à la Ferme d'Élevage de l'Okpara (Bénin). *Ann. Méd. Vét.*, 2009, **153**, 105-111.

Tableau I: Composition chimique et teneur des immunoglobulines (moyenne \pm écart-type) du colostrum de bovins Azawak (Harouna et al., sous presse).

Composition (g/L)	Means \pm SD (n = 7)
IgG	22,5 \pm 10,7
IgA	3,3 \pm 2,1
IgM	1,7 \pm 0,8
Lactoferrin	0,2 \pm 0,1
DM	149,8 \pm 15,3
CP	67,6 \pm 9,2
EE	28,9 \pm 0,2
NFE	43,4 \pm 3,2
ash	9,9 \pm 0,7
Ca	1,3 \pm 0,2
P	1,3 \pm 0,2
K	1,4 \pm 0,2
Na	0,7 \pm 0,2
Mg	0,2 \pm 0,0

n: nombre

Tableau II: Répartition aléatoire des chevreaux dans les deux groupes

Numéro de naissance	Cabris	
	Colostrum	Témoin
1	ND	ND
2	NS	NS
3	NS	NS
4	ND	ND
5	ND	ND
6	ND	ND
7	ND	ND
8	NS	NS
9	ND	ND
10	ND	ND
11	ND	ND
12	ND	ND
13	NS	NS
14	NS	NS
15	NS	NS
16	ND	ND
17	NS	NS
18	ND	ND
19	NS	NS
20	NS	NS

ND: naissance double

NS: naissance simple

Tableau III: Effet d'une supplémentation en colostrum bovin pendant les premiers jours de vie, sur les performances zootechniques, chez le chevreau roux au Niger (moyenne \pm erreur standard).

Paramètres	Groupes				Signification			SEM
	Colostrum (n = 20)		Témoin (n = 20)		T*	S†	T* x S† Interaction	
	Mâle (n = 13)	Femelle (n = 7)	Mâle (n = 11)	Femelle (n = 9)				
Période 1 : Naissance à l'âge de 15 j (durée : 15j)								
Nombre d'animaux	13	7	9	8				
PV à la naissance (kg)	1,7	1,6	1,8	1,5	NS	NS	NS	0,1
PV au j15 (kg)	3,5	3,6	3,2	2,8	***	NS	NS	0,2
Gain total (kg)	1,9	2,0	1,3	1,3	***	NS	NS	0,1
GMQ (g/j)	123,1	135,2	88,9	87,5	***	NS	NS	6,4
Période 2 : De l'âge de 15 j au sevrage (durée : 182j)								
Nombre d'animaux	11	7	8	5				
PV au j15 (kg)	3,5	3,6	3,2	2,8	***	NS	NS	0,15
PV au j197 (kg)	17,4	16,8	11,5	11,2	***	***	NS	0,1
Gain total (kg)	13,73	13,17	8,38	8,34	***	†	NS	0,2
GMQ (g/j)	75,47	72,37	46,07	45,27	***	†	NS	1,0
Période 3: Du Sevrage à la fin de l'étude (durée : 168j)								
Nombre d'animaux	10	7	6	4				
PV au j197 (kg)	17,4	16,8	11,53	11,2	***	***	NS	0,1
PV au j365 (kg)	22,8	21,9	16,8	16,0	***	***	NS	0,2
Gain total (kg)	5,4	5,0	5,2	4,8	NS	*	NS	0,4
GMQ (g/j)	32,1	30,0	31,2	28,6	NS	*	NS	0,8

† (P < 0.1); *(P < 0.05); **(P < 0.01); *** (P < 0.001)

NS: Non Significatif (P > 0,05)

T: traitement

S: sexe

T x S: traitement x sexe (interaction)

PV: poids vif

GMQ: gain moyen quotidien

Tableau IV: Effet d'une supplémentation en colostrum bovin pendant les premiers jours de vie, sur les paramètres barométriques, chez le chevreau roux au Niger (moyenne \pm écart type).

Paramètres (cm)	Colostrum		Témoin		Signification
	Moyenne \pm Écart type		Moyenne \pm Écart type		
	Mâle (n= 8)	Femelle (n= 6)	Mâle (n= 6)	Femelle (n= 4)	
Hauteur au garrot	61,2 \pm 1,7	56,6 \pm 3,0	57,8 \pm 3,4	50,0 \pm 0,8	NS
Longueur scapulo-ischiale	63,9 \pm 1,8	54,4 \pm 2,4	61,5 \pm 3,2	49,2 \pm 1,5	NS
Périmètre thoracique	57,2 \pm 1,3	49,2 \pm 3,4	57,2 \pm 1,3	38,3 \pm 2,4	P < 0,05
Longueur des poils	1,3 \pm 0,2	1,2 \pm 0,1	1,3 \pm 0,2	0,2 \pm 0,05	NS
Longueur de la tête	15,1 \pm 0,2	14,5 \pm 0,3	15,2 \pm 0,2	13,3 \pm 0,4	P < 0,001

NS: Non Significatif (P > 0,05)

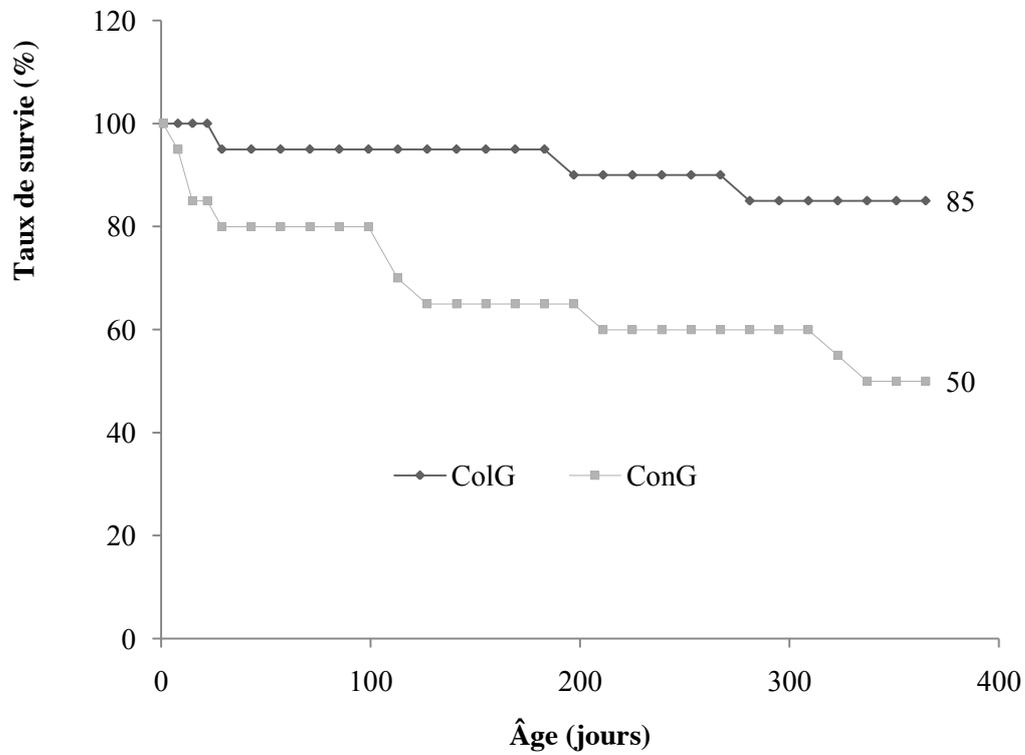


Figure 1: Effet d'une supplémentation en colostrum bovin pendant les premiers jours de vie, sur l'évolution du taux de survie chez des chevreaux roux au Niger (moyenne \pm erreur standard).

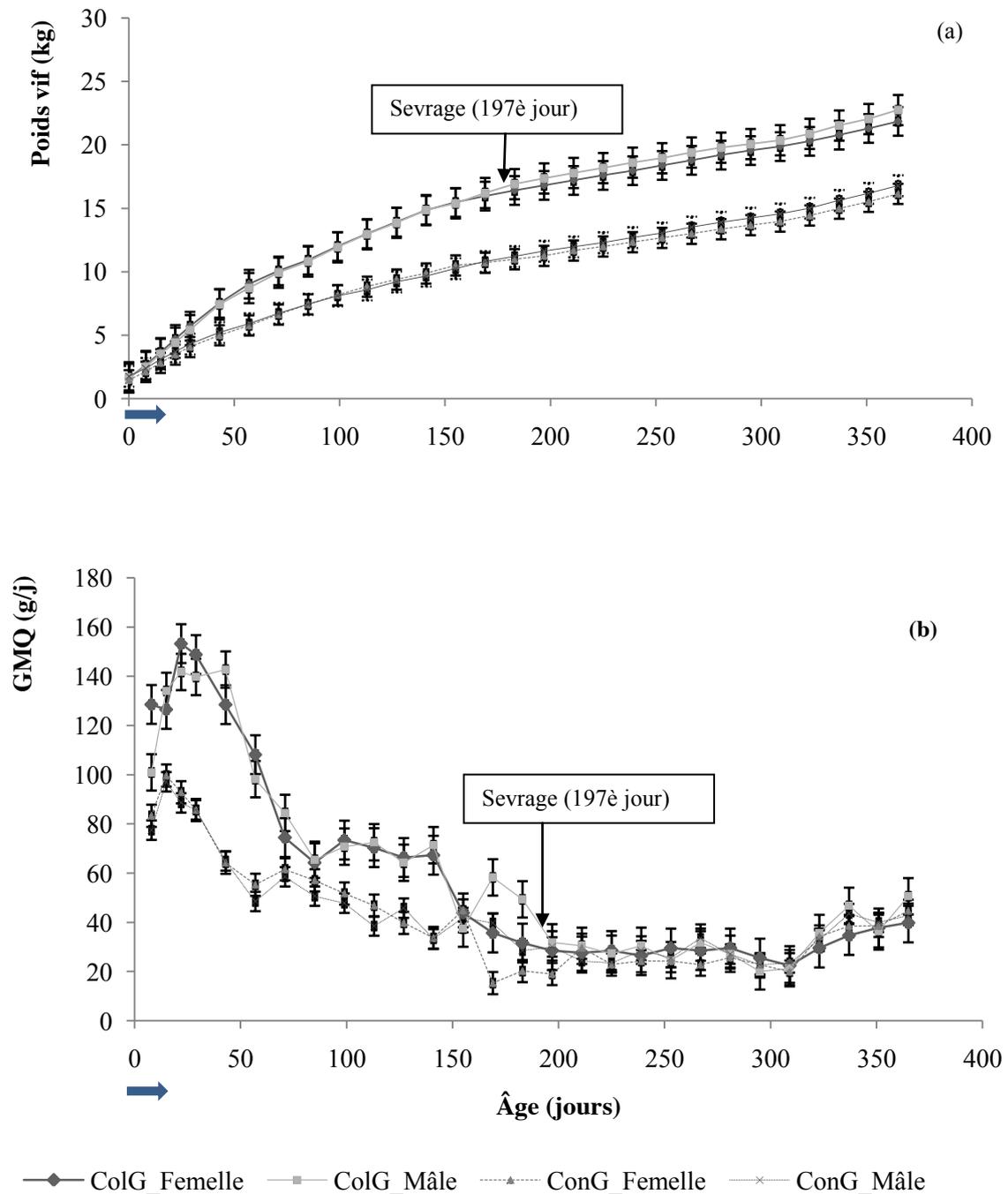


Figure 2: Effet d'une supplémentation en colostrum bovin pendant les premiers jours de vie, sur l'évolution du poids vif (a) et du Gain Moyen quotidien (GMQ) (b), chez des chevreaux roux au Niger (moyennes \pm erreurs standard). La taille de départ de l'échantillon était de 40 (20 dans chacun des groupes Témoin-T et Colostrum-C). Les courbes ont été établies en tenant compte des cas de mortalité durant l'essai (Respectivement 10 et 3 dans les groupes T et C).

➡ Période de la supplémentation (2 semaines)

TROISIÈME -PARTIE: DISCUSSION GÉNÉRALE

Chapitre VII: DISCUSSION GÉNÉRALE

1. CONTEXTE

Au Niger, l'élevage des petits ruminants a une dimension socio-économique. Une dimension sociale dans la mesure où on fait appel aux petits ruminant en des nombreuses circonstances telles que le mariage et le baptême; une dimension économique car cette activité a une large part dans l'autonomie financière du pays. Nonobstant cette place de choix, l'élevage des petits ruminants reste confronté à des nombreuses difficultés, en particulier dans le cas des caprins.

La situation sanitaire des chevreaux de race Rousse de Maradi, au Niger, est extrêmement précaire. La raison en vient de la grande prolificité de l'animal, associée à des disponibilités fourragères de plus en plus réduites, suite à l'augmentation de la sécheresse dans le milieu. La production laitière des mères s'en trouve ainsi proportionnellement réduite. Une des voies d'augmentation de la résistance des jeunes chevreaux passe par la distribution d'une quantité suffisante de colostrum maternel de qualité. Néanmoins, les contraintes indiquées ci-dessus ne permettent que très difficilement d'envisager d'améliorer la production de colostrum par la mère. La vache Azawak est sélectionnée depuis de nombreuses années au Niger, pour son exceptionnelle production laitière en milieu difficile. L'hypothèse de ce travail était donc de tester dans quelle mesure une petite quantité de colostrum de la vache Azawak pourrait venir en appoint à la production naturelle de la mère, afin d'augmenter la résistance des jeunes. Compte tenu de la différence de poids et de production attendus du colostrum par les deux espèces, la moitié de la production de colostrum d'une vache Azawak pourrait être mise à profit pour faire bénéficier plusieurs dizaine de chevreaux d'un supplément de colostrum. L'avantage global relatif serait donc positif, sur base du postulat selon lequel le veau Azawak ne serait pas impacté, du fait de la forte production de la mère, et le chevreau valoriserait et métaboliserait le colostrum de vache de manière similaire à celui de sa mère biologique. Cela sous-entend que le chevreau est capable d'absorber, dans les premières heures de la vie, les immunoglobulines bovines aussi efficacement que s'il s'agissait d'immunoglobulines caprines et que le spectre de ces immunoglobulines le protège efficacement contre les antigènes pathogènes présents dans l'environnement.

La naissance est l'une des périodes critiques de la vie des cabris qui jouent un rôle prédominant dans la rentabilité de la production. Par ailleurs, l'alimentation constitue le principal problème. Celle-ci étant insuffisante, on assiste à des baisses de poids, surtout pendant les périodes de soudure. En outre, la santé exerce un effet favorable sur les productions, or elle fait défaut assez souvent dans nos troupeaux. Les jeunes à la mamelle sont les plus touchés (Voisin, 2005). Pour cela, il est nécessaire d'assurer une protection permettant aux jeunes chevreaux d'affronter ces contraintes environnementales. L'immunité et la nutrition colostrale semblent être bien adaptées (Rawal *et al.*, 2008) pour soutenir les cabris fréquemment voués à la mort. Cette étude qui a pour objet de mettre en

évidence les effets bénéfiques de la supplémentation en colostrum bovin chez les chevreaux se veut être une contribution originale dans l'amélioration des performances zootechniques et la santé chez les petits ruminants en général et les chevreaux roux en particulier.

Au regard de l'importance de cette thématique, il était nécessaire de réaliser une revue de la littérature afin de compiler dans la mesure du possible toutes les informations, en particulier les plus récentes, sur le sujet. Pour ce faire, la méthode adoptée pour conduire cette étude a consisté d'abord en un travail bibliographique. Cette synthèse bibliographique a deux composantes. La première composante (Chapitre I) s'est intéressée dans un premier temps aux généralités du pays (Niger) et la localité (Maradi) qui a servi de cadre pour la conduite des travaux. En second lieu, ce chapitre a tenté de fournir une large information sur les animaux (le Zébu Azawak et la chèvre rousse de Maradi) utilisés au cours cette étude. La deuxième composante a porté sur le mécanisme de synthèse et les facteurs de variation de la composition du colostrum des grands mammifères domestiques.

En ce qui concerne l'étude expérimentale, il nous a paru nécessaire de faire, en prélude, une étude analytique du colostrum avant de procéder à l'expérimentation. Dans la mesure du possible et vu les conditions d'élevage au Niger, des échantillons de colostrum de la race bovine Zébu Azawak du Niger ont été récoltés. Le dosage de ces échantillons nous a permis de préciser les teneurs en fractions colostorales à savoir les immunoglobulines, les nutriments organiques (protéines, lipides, lactose) et les minéraux solubles, dans le colostrum de la vache Azawak. Enfin, cette discussion se focalise sur une analyse globale et intégrée des résultats qui ont été obtenus au cours des différents essais.

2. GÉNÉRALITÉS SUR LE MILIEU DE L'ÉTUDE ET CARACTÉRISTIQUES DES ANIMAUX DE L'ÉTUDE.

De l'indépendance (1960) à nos jours, les différents gouvernements qui se sont succédés au Niger ont tenté chacun à travers leur programme de réduire considérablement la pauvreté. Pour faire face à cette situation, ces gouvernements ont fait du développement rural une priorité pour relancer l'économie du pays et atténuer les souffrances de la majorité de la population. Il convient de rappeler que la population Nigérienne est très majoritairement rurale. Les résultats du recensement de 2013 ne sont pas encore disponibles, mais ceux de l'année 2001 ont indiqué que 80% de la population du Niger sont des paysans. Le contexte socio-économique est caractérisé par la prépondérance du secteur primaire, dont la contribution au PIB est de l'ordre de 40%. L'agriculture et l'élevage sont les principales activités de production rurale (FAO, 2006). Concernant l'élevage, avec un effectif global de 31 millions d'animaux toutes espèces confondues (bovin, ovin, caprin, asin, camelin,) dont 11 millions de caprins soit 36,2 % du cheptel, le Niger peut être considéré comme un pays à vocation pastorale (Boukary, 2013). Néanmoins, la position géographique du pays constitue un frein pour la mise en

œuvre de ces programmes prioritaires et hypothèque toutes actions allant dans le sens de la relance économique. Ainsi, le Niger, vaste territoire (1 247 000 km²) placé au cœur du Sahel et à la frange sud du Sahara (Ibrahima, 1986) est un pays enclavé et désertique. Le climat est de type tropical aride, avec une pluviométrie moyenne annuelle qui croît, du nord au sud, de moins de 100 mm à 800 mm. On distingue deux types de climat chaud: un climat désertique sur la majeure partie de sa superficie et un climat tropical à une seule saison des pluies d'une durée de quatre mois selon le rapport du MELCD (2001). Les fréquences des sécheresses ne sont pas rares. On se souvient encore des sécheresses des années 1970, 1975, 1980, 1984, 1985, 2005, 2010. Au cours de la dernière décennie, le Niger a connu une sécheresse en moyenne 1 an sur 2.

Le Niger est un pays qui, dans l'objectif de réduire les pertes financières liées à une importation des produits laitiers et de la viande pour couvrir les besoins d'une population sans cesse croissante, a, depuis plusieurs années, mis en place une politique d'intensification de la production locale de lait et de viande. Dans un premier temps, cette politique a concerné l'ensemble du cheptel. Mais, les résultats n'ont pas été à la hauteur des attentes, dans la mesure où le facteur limitant est principalement une conduite inappropriée en matière d'alimentation. Pour atteindre son objectif, l'État n'a cessé d'étudier les voies et moyens pour y parvenir. Puisqu'il s'agit d'un défi à relever, la solution doit être trouvée au plan national. La seconde stratégie consistait à promouvoir l'élevage des races (bovines, ovines et caprines) locales qui sont connues pour leurs bonnes aptitudes laitières et bouchères. Ceci a conduit à la création de stations expérimentales d'élevage dont celle de Kirkissoye à la périphérie de la communauté urbaine de Niamey et la station sahélienne expérimentale de Toukounous pour le bovin où le choix a été porté sur la race Azawak, du centre ovin de Déréké (région de Dosso) pour l'élevage de la race ovine Bali Bali et du Centre Secondaire d'Élevage Caprin de Maradi pour la chèvre rousse. Il convient de noter que parallèlement les autres races bovines (Bororo, Djeli, Kouri) et caprines (chèvres du Sahel) qui n'ont pas été choisies dans le programme d'amélioration, continuent toujours à attirer la curiosité des chercheurs et ont fait objet de suivi et ce, dans les conditions d'élevage similaires à celles élevées en station. Mais, les résultats obtenus sont moins probants que ceux obtenus chez la race Azawak et la chèvre rousse respectivement pour le bovin et le caprin. La description qui va suivre est importante dans la mesure où elle met en exergue les valeurs intrinsèques de ces races. Celle-ci constitue aussi un plaidoyer en faveur de ces animaux qui ont besoin d'un soutien fort pour extérioriser leurs potentiels génétiques.

Le zébu Azawak est, certes, originaire de la partie septentrionale du Niger, mais, la renommée de cette race bovine a dépassé les frontières de son berceau. Il est disséminé dans certains pays (Burkina, Mali, Nigéria) de la sous-région Ouest-africaine (Gouro et Yénikoye, 1991) et dans toutes les contrées du Niger. En outre, sa morphologie et ses aptitudes laitières et bouchères ont suscité l'admiration des chercheurs, raison pour laquelle la littérature est abondante sur cette race bovine Nigérienne (Achard et Chanono, 1995 et 1997 ; Boly *et al.*, 2000 ; Achard et Chanonou, 2002 ; Guillaume, 2002 ;

Oumarou, 2004 ; Hama, 2005, Marichatou *et al.*, 2010). Selon Rhissa (2010), le zébu Azawak a été l'objet de plusieurs études depuis 1936 à Filingué, puis à Toukounous, deux localités du Niger. Si certains travaux ont porté sur les caractéristiques raciales par contre d'autres se sont intéressés aux performances de production (lait et viande) de ce Zébu «*Bos indicus*» du Niger. Concernant son effectif, Hama (2010) a rapporté des effectifs très importants, soit 150 et 250 mille animaux de race pure et 3 à 400 mille métis. Certaines statistiques indiquaient que le zébu Azawak constitue 65 à 70% du cheptel bovin Nigérien (Vanlanker, 1996). Ces chiffres pourraient confirmer la première place qu'occupe l'Azawak parmi les races bovines du Niger. Par ailleurs, ce rang peut être expliqué par ses valeurs intrinsèques évoquées ci-dessus (robe, morphologie et aptitudes). Selon Gouro et Yenikoye (1991) la vache Azawak est l'une des meilleures races laitières des zones tropicales arides Sahélo-sahariennes. Dans de très bonnes conditions, Seydou (1981) a obtenu en moyenne 12 l/j chez la vache. Ses aptitudes bouchères sont très bonnes. C'est un bon animal de boucherie avec 500 à 600 kg à 5-6 ans d'embouche et un rendement à l'abattage qui va de 50 à 60%. Mais, il s'agit d'un animal peu précoce, qui atteint son poids d'abattage à un âge fort avancé (Oumarou, 2004). À la lumière de ces qualités intrinsèques, le Zébu Azawak tient une place de choix et est considéré à juste titre comme la "jersiaise" de l'Afrique occidentale (Seydou, 1981). A ce titre, elle est présumée produire des quantités élevées de colostrum, pouvant être exploitées dans le cadre de notre étude.

Tout comme la race Azawak, la chèvre rousse de Maradi est connue pour ses qualités intrinsèques. D'abord sa robe est uniforme lisse et brillante. Les aptitudes laitières sont certes mal connues, mais les statistiques non publiées du CSECM (2010) indiquaient une moyenne de 0,5 l/j. Le taux de prolificité est de 136 % pour la chèvre rousse contre 124 % pour la chèvre noire (Marichatou *et al.*, 2002). La valeur de 147 % obtenue par Haumesser (1975) chez la chèvre rousse pourrait confirmer l'idée selon laquelle cette race est la plus prolifique de races caprines du Niger. En outre, les naissances gémellaires commencent dès la deuxième mise bas et continuent jusqu'à la fin de la carrière de la femelle. Aussi, les naissances triples et quadruples ne sont pas rares chez cette race caprine au point que sa renommée a dépassé même les frontières du Niger. Selon un rapport conjoint du Ministère de l'agriculture et de l'élevage et la Coopération Technique Belge (MA/E/Coop Belge, 1995), les effectifs de la race restent vraisemblablement stables et on estime qu'il existe moins de 1 250 000 chèvres rousses de race pure et autres métissées. Concernant les performances pondérales, Zakara (1985) a obtenu un poids moyen de 2 kg à la naissance contre 1,65 kg obtenu par Abdou *et al.* (2013). La chèvre rousse de Maradi possède donc une valeur intrinsèque, à la fois économique et sociale, qui justifie des efforts tentés en vue d'augmenter la survie des jeunes animaux.

3. MECANISME DE SYNTHÈSE ET COMPOSITION CHIMIQUE DU COLOSTRUM

Le mécanisme qui aboutit à la production du colostrum est à la fois long et complexe. De la mammogenèse qui commence à partir du stade fœtal de la gestation (Massoni, 2003), en passant par la lactogenèse communément appelée montée laiteuse et enfin la galactopoïèse qui correspond à l'entretien de la sécrétion du lait tout long de l'allaitement, la lactation représente environ $\frac{3}{4}$ du cycle reproductif de la femelle. Le mécanisme de production est complexe dans la mesure où il est sous contrôle de nombreuses hormones, donc de plusieurs facteurs. Il s'agit notamment des hormones du complexe hypothalamo-hypophysaire (Bousquet, 1993). Les actions de toutes ces hormones sont coordonnées par le système nerveux central. En règle générale, la quasi-totalité des réactions de l'organisme vivant est sous contrôle ou en interaction avec le système nerveux central. Il s'agit d'une réaction réversible entre les deux systèmes indiqués ci-dessus (Tizard, 2009).

Concernant la composition chimique du colostrum, la littérature est assez abondante sur cet aspect (Foley et Otterby 1978 ; Pearson *et al.*, 1984 ; Lavoie *et al.*, 1989 ; Leblanc *et al.*, 1992 ; Hadjipanayiotou, 1995 ; Pakkanen *et al.*, 1997, Kehoe *et al.*, 2007). Il a été vu que plusieurs facteurs sont à l'origine de la variation de l'aspect physico-chimique du colostrum. Ces facteurs peuvent être classés en deux catégories, intrinsèques (l'espèce, la race, le rang de lactation et le numéro de la traite) et extrinsèques (environnementaux). Certes, la littérature est abondante sur le colostrum, toutefois, ce travail bibliographique a permis d'enrichir la littérature sur le sujet.

Il convient de souligner également que l'ingestion de colostrum est indispensable à la survie du nouveau-né. En effet, le colostrum renferme tous les éléments nécessaires (anticorps, lactoferrine, lactopéroxydase) permettant non seulement une protection contre les agressions d'agents pathogènes mais également des facteurs permettant une croissance rapide des jeunes animaux, en particulier les IGF-1 et 2).

Le colostrum peut donc à la fois être considéré comme une source de nutriments, mais également de substance médicamenteuses (ou simulant l'effet de médicaments), dont les sites d'action sont locaux ou systémiques selon l'âge auquel le jeune l'ingère.

4. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Dans le cadre de cette thèse, deux essais ont été réalisés afin d'évaluer l'impact de l'administration du colostrum de bovin Azawak sur les performances pondérales, de reproduction et la survie chez les chevreaux roux du centre d'élevage caprin de Maradi au Niger pendant leur première année de vie. Le premier essai a été conduit à partir de septembre 2010, pour une durée de un an. Dans le projet de recherche, il était prévu de conduire l'étude chez les agneaux et chevreaux. Mais, pour des raisons d'ordre matériel, l'expérimentation n'a pas pu être réalisée chez les agneaux. Le centre ovin qui devait abriter les travaux n'était pas opérationnel et il était impossible de constituer un échantillon

statiquement représentatif. Un second essai a été conduit sur des chevreaux de septembre 2011 à septembre 2012. A cet effet, le protocole expérimental a été modifié. L'effectif des animaux restait inchangé, mais le volume du colostrum administré au premier essai a été majoré de 66,7 % au second essai pour vérifier un éventuel effet dose sur les paramètres zootechniques et la survie. Une autre raison qui a motivé ce second essai est que les échantillons du premier essai portant sur le profil plasmatique ont été endommagés.

4.1. Analyse de la composition du colostrum

Cette thèse se voulait être un ensemble cohérent. Comme il a été indiqué ci-dessus, après un travail bibliographique sur le colostrum, il a été jugé nécessaire de faire une étude analytique comparative du colostrum de vache Azawak. Ainsi, cette étude intitulée «Chemical composition of colostrum in Azawak cow from Niger compared with meta-analytical data» a été conduite pour tester l'hypothèse selon laquelle le colostrum bovin est un aliment potentiel pour améliorer les performances pondérales et la santé d'autres espèces telles que les agneaux et les chevreaux. Pour cela, des échantillons de colostrum bovin zébu Azawak et ovin de race Bali-bali, ont été collectés et analysés. Pour la chèvre, il ne nous a pas été possible de collecter des échantillons de colostrum.

Au cours des analyses, la technique ELISA Bethyl® s'est malheureusement révélée inadaptée chez les ovins pour le dosage des immunoglobulines. Sachant que l'utilisation du colostrum de bovin chez les petits ruminants a déjà été décrite dans la littérature (Lima *et al.*, 2009, Moretti *et al.*, 2010 ; Machado-Neto *et al.*, 2011, Moretti *et al.*, 2013), l'étude méta-analytique a visé à s'assurer que le colostrum de vache Azawak présentait au moins les mêmes qualités que celles de bovins d'autres races.

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, la méta-analyse est une méthode statistique qui consiste à rassembler une liste exhaustive de données discordantes et de lever l'équivoque. En outre, elle met en exergue les données d'une étude en les confrontant à celles des essais ayant abondé dans le même sens. Cette méta-analyse a montré que les concentrations moyennes en IgG, IgM, MS, protéines, extrait étheré obtenues chez la vache Azawak ont présenté des valeurs plus faibles que celles obtenues chez d'autres races, mais il convient de noter des niveaux plus élevés en IgA, lactose et minéraux solubles. Ces différences constatées de part et d'autre pourraient être liées à deux facteurs principaux à savoir les facteurs liés à l'animal et les facteurs environnementaux. Il est bien connu que les teneurs en nutriments organiques, minéraux et immunoglobulines du colostrum varient selon le rang de lactation, la race, l'état nutritionnel, la saison (Abdel-Fattah *et al.*, 2012), mais aussi le climat (Westra et Wahyudi, 2009). Toutefois, il est fort probable que ces fortes variations soient associées au principal facteur environnemental à savoir l'alimentation qui constitue le facteur limitant dans les élevages des pays sahéliens. En effet, l'alimentation des zébus Azawak est basé sur un parcours naturel dont le tapis

herbacé est composé des graminées suivantes: *Aristida mutabilis*, *Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula*, *Schoenfeldia gracilis*, *Panicum laetum* (Chaibou, 2005). Il s'agit d'un pâturage maigre dont la composante floristique a perdu ses valeurs nutritives en raison des conditions climatiques caractérisées par des sécheresses chroniques et répétitives. Ce phénomène pourrait expliquer la plus faible valeur nutritive apparente du colostrum d'Azawak. Cependant, les hautes teneurs en lactose de ce colostrum suggèrent également une plus forte pression osmotique, attirant l'eau et diluant la sécrétion. Il pourrait s'agir d'une adaptation de l'animal à des conditions de sécheresse, l'objectif étant de fournir suffisamment d'eau au jeune. D'autre part, les fortes teneurs en IgA pourraient également constituer une adaptation indirecte à une pression infectieuse plus élevée du milieu, protégeant ainsi davantage le jeune au niveau intestinal local.

Rappelons par ailleurs qu'il s'agit d'une distribution de moyennes de littérature, dont l'étalement est en principe plus étroit que celui de données individuelles. Le colostrum de chèvre a tendance à être plus pauvre en matière sèche que celui de vache et il en va de même pour les teneurs en immunoglobulines (Hadjipanayiotou, 1995; Levieux *et al.*, 2001; Machado-Neto *et al.*, 2011). Il peut donc en être déduit que le chevreau tolérerait mieux le colostrum de vache Azawak que celui de la race bovine en moyenne. Néanmoins, il n'est pas exclu que le colostrum de la chèvre Rousse de Maradi soit lui-même plus pauvre en matière sèche que la valeur moyenne qui serait observée pour l'espèce caprine. Des mesures sur colostrum de moutons Peul-Peul ont cependant montré que la teneur en matière sèche de ce colostrum est plus élevée que celui de la vache Azawak (données non communiquées). Il faut donc admettre une certaine incertitude par rapport à la justification d'utiliser le colostrum de vache Azawak chez la chèvre, uniquement sur base de la teneur en matière sèche.

4.2. Effets sur les paramètres plasmatiques

Les effets de la supplémentation en colostrum sur les paramètres plasmatiques doivent être considérés à contre-pied par rapport au groupe témoin. En effet, pour les protéines totales, un changement significatif a été observé dans le groupe témoin où leur teneur a diminué de j10 à j30. En revanche, pour le groupe supplémenté, le niveau de concentration a été maintenu. Pour toutes les fractions protéiques (l'albumine, α -globuline, β 1 et β 2-globuline, γ -globulines), les résultats obtenus ont été du même ordre ou en faveur du groupe ayant reçu le colostrum. Le colostrum devrait, dans ce cas, être considéré comme un adjuvant qui retarde la chute physiologique des niveaux plasmatiques en protéines chez les chevreaux de la région, contribuant ainsi à maintenir des taux favorables à la santé et à la compétition pour la survie.

Le colostrum de vache peut-il protéger les chevreaux? Ce sujet fait encore l'objet de nombreuses polémiques. Il est clair que les immunoglobulines, spécifiquement de type IgG, se fixent sur des

récepteurs spécifiques de la bordure en brosse de l'épithélium intestinal grâce à leur fraction Fc (Male, 2007). On pourrait ainsi présumer que l'incorporation dans le milieu interne de l'animal est spécifique. Néanmoins, la présence de cellules immunitaires d'origine colostrales dans le sang du jeune prouve qu'il existe également un mécanisme de passage transcellulaire (Deloui *et al.*, 2001; Devillers *et al.*, 2006) de structure aussi volumineuses que des cellules, et donc vraisemblablement de molécules de gros calibre. La question alors est de savoir si des immunoglobulines hétérologues sont susceptible d'atteindre le plasma, et si elles sont susceptibles de protéger le jeune animal contre des pathogènes. La question se pose également de savoir si le jeune apprend à reconnaître des molécules et cellules comme faisant partie du non-soi – puisqu'ils n'ont pas été exposés à ces molécules durant la vie intra-utérine et à les éliminer rapidement. Ce doit être le cas puisqu'il est immunocompétent à la naissance. Néanmoins, la fraction Fc est phylogéniquement relativement bien conservée et les anticorps sont vraisemblablement peu immunogènes, sans quoi les transfusions sanguines à répétition poseraient des problèmes. Néanmoins, le fait que l'ELISA bovin soit peu spécifique pour les anticorps ovins reste alors étonnant. Seule une analyse spécifique (ELISA) permettant de différencier les anticorps d'origine caprine et ceux d'origine bovine permettrait de répondre à cette question et de vérifier, le cas échéant, si le demi-vie des molécules étrangère diffère selon leur origine homologue ou hétérologue. En tout état de cause, nous nous sommes basés sur l'hypothèse selon laquelle les anticorps hétérologues traversent la barrière intestinale durant les premières 48 heures de vie du chevreau et exercent une action immunitaire protectrice sur le jeune. D'autre part, nous nous sommes également basés sur l'hypothèse que d'autres substances – hormones, facteurs de croissance – exercent une action protectrice, régénérante et anabolisante sur l'épithélium intestinal et peuvent également être absorbées, selon l'âge de l'animal et/ou la taille et la famille de la molécule, par le chevreau. Il est par contre évident que les nutriments apportés par le colostrum hétérologue (oses, peptides, protéines, lipides, macro- et oligo-minéraux) ont la même valeur nutritionnelle que ceux du colostrum de la mère biologique.

4.3. Les performances pondérales

La revue de la littérature et l'étude analytique du colostrum réalisées au préalable ont permis l'élaboration et la mise en place du protocole expérimentale. Il convient de noter que les chevreaux d'une même naissance sont toujours ensemble et les animaux de notre échantillon étaient mélangés avec d'autres avec le reste du troupeau dans le même bâtiment d'élevage (parc).

Cette étude qui visait à évaluer les effets biologiques du colostrum bovin de race Azawak chez les chevreaux roux est originale au Niger et dans la sous-région Ouest-africaine. Ailleurs, à notre connaissance, la majorité des expériences se sont axées sur l'administration du colostrum bovin chez les porcelets en post-sevrage (Marion *et al.*, 2002 ; Le Huërou-Luron *et al.*, 2004 ; Huguet *et al.*, 2007 ;

Boudry *et al.*, 2008) et peu d'études se sont intéressées sur l'effet du colostrum bovin sur les performances pondérales chez les chevreaux (Mellado *et al.*, 2008).

Bien que cette étude soit conduite dans un contexte environnemental très difficile caractérisé par des sécheresses récurrentes et sur un terrain expérimental où toutes les conditions d'élevage ne sont pas réunies (problème d'alimentation et de santé), cette expérimentation a donné des résultats probants comme le témoignent les résultats présentés ci-dessous. Concernant la croissance, au cours de deux essais réalisés respectivement de septembre 2010 à septembre 2011 et septembre 2011 à septembre 2012, des différences significatives ont été observées en faveur des animaux ayant reçu du colostrum bovin. En effet, le poids vif et le gain moyen quotidien des animaux supplémentés ont connu un accroissement important, durable, suggérant un effet de mémoire ou un avantage compétitif décisif initial. Cette différence est vraisemblablement en grande partie associée à l'action de composants du colostrum bovin tels que les immunoglobulines (IgG, IgA, IgM), les nutriments organiques (protéines, lipides, lactose) mais également les minéraux solubles (Ca, Na, P, K, Mg, Fe, Cu..). L'analyse du colostrum de bovin Azawak réalisée dans le cadre de cette thèse a montré des teneurs élevées en immunoglobulines particulièrement en IgA, en nutriments et en minéraux solubles. Ces éléments ont conféré une protection et une nutrition systémique au jeune le premier jour de la naissance et une protection davantage locale (dans le cas des immunoglobulines) par après. Par ailleurs, il a été rapporté dans la littérature (Elfstrand *et al.*, 2002) que le colostrum renferme aussi des facteurs de croissance épidermique (FCE ou EGF), des facteurs de croissance « insulin-like » (IGF-1) et le facteur de croissance de transformation (TGF), qui sont connus pour être impliqués dans la stimulation de la croissance du tissu intestinal. Chez les chevreaux d'une autre race caprine, Mellado *et al.* (2008) ont obtenu des résultats similaires sur la croissance. Il est à noter que les données obtenues dans cette étude sont en accord avec ceux obtenus par Marion *et al.* (2002) et Moretti *et al.* (2010) chez d'autres espèces. Par exemple, une étude conduite par Marion *et al.* (2002) a montré chez les porcelets sevrés que l'apport d'un extrait de colostrum riche en facteurs de croissance (IGFs) dans l'aliment limite l'atrophie de villosités et accélère la synthèse protéique au niveau duodénal. Les travaux de Burrin *et al.* (1992) ont révélé aussi que l'administration orale d'IGF-1 chez les porcelets nouveau-nés augmente la hauteur des villosités. Récemment, les travaux de Stoy *et al.* (2013 in press) ont montré chez des porcelets prématurés sevrés que le colostrum bovin augmente la hauteur de villosité, l'absorption du galactose et des activités enzymatiques dans l'intestin grêle.

En production animale, les performances pondérales (poids vif et GMQ) et le taux de survie figurent parmi les indicateurs clés du bien-être autrement dit l'embonpoint d'un animal. Or, ces indicateurs, particulièrement les performances pondérales, sont des variables qui dépendent étroitement du régime alimentaire que reçoit l'animal. Veisseir *et al.* (2007) ont défini le bien-être d'un animal comme étant «un état mental qui dépend de la façon dont l'animal perçoit son environnement. S'il perçoit que l'environnement satisfait toutes ses motivations, alors l'état mental sera le bien-être dans le cas

contraire c'est le mal-être». Ils ont rapporté aussi une liste de cinq critères qui permettent d'atteindre le bien-être. Il y a d'abord «l'absence de faim et de soif, ensuite le confort physique, puis la bonne santé et l'absence des blessures et douleurs, la possibilité d'exprimer le comportement normal de l'espèce et enfin l'absence de peur et de détresse».

Pour apprécier davantage l'état physiologique des animaux, en plus des performances pondérales, des mesures barométriques (hauteur au garrot, longueur scapulo-ischiale, périmètre thoracique, longueur des poils) ont été réalisées. Les résultats issus de ces observations sont également en faveur du groupe supplémenté. Ces résultats font apparaître la relation entre les apports en colostrum et l'évolution pondérale. Il est remarquable de constater l'effet presque immédiat de la supplémentation sur la vitesse de croissance des animaux, et son maintien à long terme, alors que la supplémentation a cessé. A notre connaissance, c'est la première fois qu'un tel phénomène est décrit dans la littérature. Il peut être dû à plusieurs causes: un pseudo-effet mémoire immunologique, associé à la demi-vie des anticorps bovins dans le sang des chevreaux, un avantage compétitif initial dû à l'effet protecteur des anticorps au niveau général ou au niveau intestinal local, ou encore dû à l'effet métabolique associé à la supplémentation énergétique, protéique, minérale ou endocrinienne apportée par le colostrum (Boland *et al.*, 2005).

Dans le cadre de cette étude, l'apport en colostrum pourrait être assimilé à un phénomène de croissance compensatrice, défini comme étant un accroissement de la vitesse de croissance (gain de poids par unité de temps) par rapport à la normale (Hoch *et al.*, 2003) suite à une période de restriction alimentaire. Hoch *et al.* (2003) ont indiqué qu'au cours d'une croissance compensatrice, le métabolisme de l'animal en restriction alimentaire reste bas mais augmente lentement par la suite au cours de l'adaptation du nouveau régime. Présentement, les mesures d'efficacité alimentaire n'ont pu être réalisées. Mais il reste surprenant que, toutes choses égales par ailleurs, l'effet de la supplémentation ait été si rapide et ait duré plusieurs mois. Il faut peut-être y voir l'effet « adjuvant » de l'IGF-1 présent dans le colostrum, hormone bien connue pour exercer un rôle central dans le phénomène de croissance compensatrice. Il ne faut pas non plus exclure la présence d'autres hormones telles que l'hormone de croissance, ou les hormones thyroïdiennes, qui ont pu jouer un rôle décisif sur la croissance du jeune. Le colostrum pourrait, à ce titre, être considéré comme une source parallèle d'hormones stimulant le métabolisme du jeune et venant en appui au système endocrinien se mettant en place après la naissance.

4.4. Les paramètres de reproduction

Il est difficile de conclure sur les paramètres de reproduction. Les effets de la supplémentation protéo-énergétique sur l'AMPMB n'ont pas été implicites chez les chevreaux roux. Concernant le taux de

fécondité, de fertilité et de prolificité, aucune différence n'a été constatée entre les deux groupes. Toutefois, la tendance observée pour l'AMPMB suggère une corrélation entre la supplémentation en colostrum bovin et ce paramètre de reproduction. Sur base de ce résultat encourageant, il est possible d'émettre l'hypothèse selon laquelle une augmentation du volume de colostrum à administrer et une prolongation de la durée de la supplémentation (une étude plus longue) pourraient améliorer davantage les résultats des différents paramètres de reproduction observés. La carrière reproductrice des femelles devrait également être étudiée sur une plus longue période. En effet, l'avantage pondéral des chèvres et ses effets sur les paramètres reproducteurs ont pu être masqués par le jeune âge des animaux. D'autre part, il serait intéressant de vérifier si les gains pondéraux ont également portés sur la proportion de tissu adipeux dans l'animal, car ce tissu est connu pour stocker les stéroïdes sexuels et moduler l'apparition et le déroulement des cycles reproducteurs.

4.5. Le taux de survie

L'administration du colostrum de bovin zébu Azawak à des chevreaux a eu un effet très positif sur la santé des animaux ayant reçu du colostrum. Au cours de deux essais réalisés pendant deux années consécutives, les taux de survie enregistrés en fin d'expérimentation au niveau de ColG (85 %) ont été plus élevés que ceux enregistrés chez ConG (50%). En outre, au niveau des animaux ayant reçu du colostrum, le taux de survie a augmenté de 10% du premier essai au second essai. Il pourrait donc exister un effet dose de colostrum sur les paramètres de survie. Ces résultats corroborent ceux de Gao *et al.* (2010) et Khul *et al.* (2011) chez les porcelets.

RÉFÉRENCES:

- ABDEL-FATTAH A.M., ABD-RABO F.H.R., EL-DIEB S.M., EL-KASHEF H.A. Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *Vet. Res.*, 2012, **8**, 19.
- ACHARD F., CHANONO M. Un système d'élevage performant bien adopté à l'aridité à Toukounous, dans le Sahel nigérien. *Sécheresse*, 1995, **6**, 215-222.
- ACHARD F. et CHANONO, M. Mortalité et performances de reproduction chez le Zébu Azawak à la station de Toukounous, Niger (1986-1992). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1997, **4**, 325-333.
- BOLAND T.M., BROPHY P.O., CALLAN J.J., QUINN P.J., NOWAKOWSKI P., CROSBY T.F. The effects of mineral supplementation to ewes in late pregnancy on colostrum yield and immunoglobulin G absorption in their lambs. *Livest. Prod. Sci.*, 2005, **97**, 141-150.
- BOLY H., SOME S.S., KABRE A., MUSABYIMANA J., SAWADOGO L., LEROY P. Reproduction et croissance du zébu Azawak en zone soudano-sahélienne. *Ann Univ Ouagadougou*, 2000, **8**, 93.
- BOUKARY A. Epidémiologie de la brucellose et de la tuberculose animales dans les milieux urbain, périurbain et rural au Niger (Thèse de Docteur es en sciences veterinaries). Université de Liège: Liège, 2013, 185p.
- BOUDRY C., DEHOUX J.P., WAVREILLE J., PORTETELLE D., THEWIS A., BULDGEN A. Effect of a bovine colostrum whey supplementation on growth performance, fecal *Escherichia coli* population and systemic immune response of piglets at weaning. *Animal*, 2008, **2**, 730-737.
- BOUSQUET O.M. Les hormones du lait: provenance et rôles. *INRA Prod. Anim.*, 1993, **6**, 253-263.
- BURRIN D.G., SCHULMAN R.J., REEDS P.J., DAVIS T.A., GRAVITT K.R. Porcine colostrum and milk stimulate visceral organ and skeletal muscle protein synthesis in neonatal piglets. *J. Nutr.*, 1992, **122**, 1205-1213.
- CHAIBOU M. Productivité zootechnique du désert: le cas du bassin laitier d'Agadez au Niger (Thèse de Doctorat ès sciences). Université de Montpellier II, Montpellier, 379 p.
- DELOUIS C., HOUDEBINE L.M., RICHARD P. La lactation. In: Thibault C., Levasseur C. (Eds), La reproduction chez les mammifères et l'homme. INRA Editions-Ellipses: Paris, 2001, 580-610.
- DEVILLERS N., LE DIVIDICH J., PRUNIER A. Physiologie de la production de colostrum chez la truie. *INRA Prod. Anim.*, 2006, **19**, 29-38.

- ELSON C.O. et BEAGLEY K.W., 1994. Cytokines et de médiateurs immunitaires (243-266). *In*: Physiologie du tractus gastro-intestinal. - New York. -p.
- ELFSTRAND L., LINDMARK-MANSSOM H., PAULSSONA M., NYBERGC L., AKESSON B. Immunoglobulin's growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 879-887.
- FAO. Renforcer la compétitivité de l'Agriculture et la Gestion des Ressources naturelles Bamako (Mali) du 30 janvier au 3 février 2006.
- FOLEY J.A., OTTERBY D.E. Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum. *J. Dairy Sci.*, 1978, **61**, 1033-1060.
- GAO W., CHEN L., XU L.B., HUANG X.H. Specific IgG activity against diarrheagenic bacteria in bovine immune milk and effect of pH on its antigen-binding activity upon heating. *J Dairy Sci.*, 2010, **3**, 1-5.
- GOURO S.A., YENIKOYE A. Etude préliminaire sur le comportement d'œstrus et la progestéronémie de la femelle zébu (*Bos indicus*) Azawak au Niger. *Rév. Elev. Vét. Pays Trop.*, 1991, **1**, 100-103.
- GUILLAUME S.M.H. Protéines associées à la gestation (PAG) chez le Zébu Azawak <<*Boss Indicus*>> au Burkina Faso (Mémoire de DEA). Université polytechnique de Bobo Dioulasso: Bobo Dioulasso, 2002, 57p.
- HADJIPANAYIOTOU M. Composition of ewe, goat and cow milk and of colostrum and goat. *Small. Rum. Rech.*, 1995, **18**, 255-262.
- HAMA B. Influence de la saison de saillie sur les performances de reproduction et de production laitière du Zébu Azawak au Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 2005, 85p.
- HAMA B. Effet de la supplémentation en graines de coton sur la production laitière du Zébu Azawak de Toukounous au Niger et enjeu sur la production nationale (Mémoire de fin d'étude). Faculté de médecine vétérinaire de Liège: Liège, 2010, 43p.
- HAUMESSER J.B. Some aspects of reproduction in the red goat of Maradi. Comparison with other breeds tropical or subtropical. Review. *ELV. Med. Vet. Trop. Countrie.*, 1975, **28**, 225-234.
- HOCH T., BEGON C., CASSAR-MALEK I., PICARD B., SAVARY-AUZELOUX I. Mécanismes et conséquences de la croissance compensatrice chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 2003, **16**, 49-59.

- HUGUET A., PERRIER C., FAVIER C., LE DIVIDICH J., LE HUEROU-LURON I. La supplémentation de l'aliment en colostrum bovin améliore la santé de l'intestin grêle chez le porcelet sevré. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2004, **39**, 62-62.
- IBRAHIMA M.S.Z. L'élevage des bovins, ovins, caprins au Niger: Étude Ethnologique (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de science et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 1986, 111p.
- KEHOE S.I., JAYARAO B.M., HEINRICH A.J. A Survey of Bovine Colostrum Composition and Colostrum Management Practices on Pennsylvania Dairy Farms1. *J. Dairy Sci.*, 2007, **90**, 4108-4116.
- KUHL J., AURICH J.E., WULF M., HURTIENNE A., SCHWEIGERT F.J., AURICH C. Effects of oral supplementation with beta-carotene on concentrations of beta-carotene, vitamin A and alpha-tocopherol in plasma, colostrum and milk of mares and plasma of their foals and on fertility in mares. *J Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2011, **4**, 1439-0396.
- LAVOIE J.P., SPENSLEY M.S., SMITH B.P. Colostral volume and immunoglobulin G and M determinations in mares. *Am. J. Vet. Res.*, 1989, **50**, 466-470.
- LEBLANC M.M., TRAN T., BALDWIN J.L., PHARD E.L. Factors that influence passive transfer of immunoglobulin's in foals. *Javma*, 1992, **200**, 179-183.
- LE HUËROU-LURON I., HUGHET A., CALLAREC J., LEROUX T., LE DIVIDICH J. La supplémentation de l'aliment de sevrage en colostrum bovin améliore l'ingestion et les performances zootechniques chez les porcelets au sevrage. *J. Rech Porcine Fr.*, 2004, **36**, 33-38.
- LIMA A.L., PAULETTI P., SUSIN I., MACHADO-NETO R. Fluctuation of serum variables in goats and comparative study of antibody absorption in new-born kids using cattle and goat colostrum. *Rev. Bras. Zootec.*, 2009, **38**, 2211-2217.
- MACHADO-NETO R., GRIGOLO I.H., MORETTI D.B., KINDLEIN L., PAULETTI P. Intestinal histology of Santa Ines lambs fed bovine or ovine colostrum. *Czech J. Anim. Sci.*, 2011, **56**, 465-474.
- MALE D.K., 2007. Composants du système immunitaire: introduction au système immunitaire (3-19). In: Immunologie. Paris: ELSEVIER MASSON. - 600 p.

- MARICHATOU H., MAMANE L., BANOIN M., BARIL G. Performances zootechniques des caprins au Niger : étude comparative de la chèvre rousse de Maradi et de la chèvre à robe noire dans la zone de Maradi. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop.*, 2002, **55**, 79-84.
- MARICHATOU H., ISSA M., HAMADOU I., ASSANE M., SEMITA C. Efficacité de la synchronisation des chaleurs et insémination artificielle chez le bovin Azawak: intérêt du profil de progestérone. *TROPICULTURA*, 2010, **28**, 161-167.
- MARION J., LEHUEROU-LURON I., HUGHET A., CALLREC J., LEROUX T., LE DIVIDICH J. Supplementation of a weaning food in an extract of bovine colostrum increases villus height in the duodenum weaned piglets. *J. Rech. Porcine Fr.*, 2002, **34**, 103-108.
- MASSONI S.R.G. Induction de la lactation chez la jument et croissance des poulains élevés par des juments à lactation induite (Mémoire de fin d'étude). Ecole nationale vétérinaire de Toulouse: Toulouse, 2003, 61 p.
- MELLADO M., PITTROFF W., GARCIA J.E., MELLADO J. Serum IgG, blood profiles, growth and survival in goat kids supplemented with artificial colostrum on the first day of life. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2008, **40**, 141-145.
- Ministère de l'environnement et de la lutte contre la désertification. Rapport conjoint OSS, CNEDD et Ce.S.I.A. Exploitations et état des ressources naturelles au Niger, Niamey: MELCD, 2001, 54p.
- MORETTI D.B., KINDLEIN L., PAULETTI P., MACHADO-NETO R. IgG absorption by Santa Ines lambs fed Holstein bovine colostrum or Santa Ines ovine colostrum. *Animal*, 2010, **6**, 933-937.
- MORETTI D.B., NORDI W.M., LIMA A.L., PAULETTI P., MACHADO-NETO R. Enteric, hepatic and muscle tissue development of goat kids fed with lyophilized bovine colostrum. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2013, **25**, 12059.
- OUMAROU A. Production laitière et croissance du zébu Azawak en milieu réel: suivi et évaluation technique à mis parcours du projet d'appui à l'élevage des bovins de races Azawak en zone agropastorale au Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 2004, 82p.
- PAKKANEN R., ALTO J. Growth factors and antimicrobial factors of bovine colostrum. *Int. Dairy J.*, 1997, **7**, 285-297.
- PEARSON R.C., HALLOWELL A.L., BAYLY W.M. Times of appearance and disappearance of colostrum IgG in the mare. *Am. J. Vet. Res.*, 1984, **45**, 186-190.

- RAWAL P., GUPTA V., THAPA B.R. Role of Colostrum in Gastrointestinal Infection. *Ind. J. Pediat.*, 2008,**75**, 917.
- RÉPUBLIQUE DU NIGER, MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ÉLEVAGE. État des ressources génétiques animales dans le monde (Rapport national). 1995, 104p.
- RHISSA Z. Revue du secteur de l'élevage au Niger (Rapport provisoire réalisé par : FAO/SFW). 2010, 115p.
- SEYDOU B. Contribution à l'étude de la production laitière du zébu Azawak au Niger (Thèse de doctorat vétérinaire). École Inter-États de sciences et médecine vétérinaire de Dakar: Dakar, 1981, 102p.
- VEISSIER I., BEAUMONT C., LÉVY F. Les recherches sur le bien-être animal : buts, méthodologie et finalité. *INRA Prod. Anim.*, 2007, **20**, 3-10.
- VOISIN E.F. Estimation de la qualité immune du colostrum de truie en élevage (Thèse de doctorat vétérinaire). Ecole Nationale vétérinaire de Toulouse: Toulouse, 2005, 56p.
- VAN LANKER J. Dossier d'instruction du projet d'appui à l'élevage des bovins de race. Azawak au Niger: Fond d'étude et d'expertises Belgo-Nigérien: Niamey: Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage, 1996, 116p.
- TIZARD I.R. Veterinary immunology. (Eighth Edition) Texas: ELSEVIER. 2009, 574p.
- WESTRA G.K.P., WAHYUDI I. The Effects of Tropical Climate Stressor on Gamma Immunoglobulin Concentration. *Anim. Prod.*, 2009, **11**, 143-148.
- ZAKARA O. Les petits ruminants en République du Niger. In: Wilson R.T., Bourzat D. (Eds), Small ruminants in African Agriculture, Proc. Conf. at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 30 September-4 October 1985. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA, 1985, 236-242.

QUATRIÈME-PARTIE: CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Cette étude s'est proposée d'évaluer la qualité chimique et immunologique du colostrum bovin Azawak et l'impact d'une complémentation à l'aide de ce colostrum sur la santé et les performances zootechniques de chevreaux roux issus de mères naturellement très prolifiques, mais ne parvenant vraisemblablement pas à satisfaire les besoins des portées.

La littérature scientifique est assez abondante sur la composition du colostrum. A l'exception des lipides et du lactose, le colostrum de la vache est plus riche que celui de la brebis, de la chèvre et de la truie pour les autres composants tels que les protéines, les immunoglobulines (IgG, IgA, IgM) et les minéraux solubles (Ca, P, Na, Mg, Mn, Fe). Le colostrum de la vache renferme de nombreux facteurs antimicrobiens qui peuvent être classés en trois groupes suivant l'action menée. Il y a les facteurs spécifiques (immunoglobulines), les facteurs non spécifiques (lactoferrine, lactoperoxydase et lysozyme) et enfin les facteurs à double action c'est à dire (spécifique et non spécifique (immunoglobulines, lactoferrine, lactoperoxydase et lysozyme).

La littérature est pauvre sur l'usage du colostrum sous forme de supplément dans le régime alimentaire des jeunes animaux en post-partum ou post-sevrage. Très peu d'études se sont intéressées au cas des chevreaux, et aucune en Afrique subsaharienne.

Le colostrum, administré sous forme d'un premier bolus le jour de la naissance du chevreau, et sous forme de bolus plus petits pendant les 15 jours suivants, exerce un effet positif sur l'homéostasie protéique du plasma pendant le premier mois de vie. Des effets zootechniques sont déjà visibles au cours de cette période. Le côté le plus surprenant de l'étude est le fait que les effets zootechniques se sont maintenus tout au long de la première année de vie du jeune caprin, possiblement même sur les paramètres de reproduction des femelles, et en tout état de cause sur la survie des animaux. Ces effets positifs semblent par ailleurs être proportionnels aux doses de colostrum utilisées durant ces 15 jours de complémentation.

Ces études présentent des limites. En effet, il a été impossible d'investiguer le fait que les anticorps et d'autres éléments présents dans le colostrum de la vache Azawak puissent traverser la barrière intestinale du chevreau et circuler dans l'organisme. Néanmoins, eu égard aux effets observés, il est probable que ce soit le cas.

Il n'est pas exclu non plus que la supplémentation ait donné un avantage compétitif à l'animal qui en a bénéficié, au détriment du frère ou de la sœur, en cas de naissance gémellaire. Les analyses statistiques semblent cependant réfuter cette hypothèse.

Enfin, il faut signaler que les conditions dans lesquelles les essais ont été menées étaient extrêmement difficiles pour les animaux, que ce soit en raison du climat ou des ressources techniques ou humaines disponibles dans le centre caprin de Maradi.

L'apport de colostrum de vache Azawak aux caprins semble constituer une opportunité pour améliorer l'élevage de petits ruminants au Niger. Les bonnes performances laitières de la race Azawak laissent supposer que prélever un peu de colostrum chez les parturiantes et le stocker sous forme de banque de colostrum n'aurait pas d'impact négatif sur le veau Azawak et permettrait de sauver des jeunes caprins. Compte tenu des doses testées, une vache pourrait sauver ou améliorer les performances de plusieurs chevreaux.

Sur le plan plus fondamental, il serait intéressant à l'avenir de pouvoir différencier l'origine des immunoglobulines présentes dans le sang des chevreaux et mesurer leur demi-vie, mettre en évidence l'existence de cellules colostrales hétérologues dans le sang du chevreau et mesurer leurs fonctions éventuelles, vérifier si les anticorps hétérologues éventuels ont une action sur les germes auxquels sont soumis les jeunes animaux, étudier l'influence de l'alimentation (énergie, protéine, minéraux) sur la production de colostrum par la chèvre Rousse de Maradi et enfin établir une banque de colostrum de vache et tester les effets de ce produit sur d'autres espèces, voir chez l'homme.

Aussi, les auteurs du présent travail auraient souhaité évaluer l'impact économique de cette étude qui est d'importance capitale surtout pour un pays comme le Niger. Mais, celle-ci n'a pas pu être réalisée par insuffisance d'informations. Pour cela, nous proposons la conduite d'une autre étude qui prendra en compte cet aspect. En particulier, le conditionnement du colostrum mériterait d'être étudié.

Enfin, nous recommandons le transfert de cette technologie en milieu réel et la vulgarisation des résultats de la présente étude partout où les besoins se font sentir.