



REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE ALGERIENNE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI D'OUUM EL BOUAGHI
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET SCIENCES DE
LA NATURE ET DE LA VIE



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

THESE

Présentée Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Option :

Physiologie animale

EFFET DU STADE PHYSIOLOGIQUE SUR LES VARIATIONS DES PARAMETRES SANGUINS CHEZ LE CAPRIN DANS L'EST ALGERIEN

Par : M^{me} ALLAOUA Sofia Amel

Devant Le Jury :

Président : M^r. OULDJAOUI Abdellah

Prof. Université Larbi Ben M'Hidi , Oum El Bouaghi

Rapporteur : M^{me}. MAHDI Djahida

Prof. Université Larbi Ben M'Hidi , Oum El Bouaghi

Examineurs : M^r. MEKROUD Abdeslem

Prof. Université des Frères Mentouri, Constantine1

M^r. NECIB Youcef

Prof. Université des Frères Mentouri, Constantine1

M^r. BOULAKHSSAIM Mouloud

Prof. Université Larbi Ben M'Hidi , Oum El Bouaghi

M^{me}. BOUDEBZA Assia

M.C.A. Université des Frères Mentouri, Constantine1

Année universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Enfin nous y voici.....!!!

Une thèse bien entendu c'est un travail de longue haleine, un défi que l'on se donne à soi même, Mais c'est surtout une formidable histoire de relation, de rencontres et d'amitié. Cette période de doctorat aura été probablement l'un des plus beaux chapitres de ma vie et j'aimerai remercier ceux et celles qui d'une manière ou d'une autre ont participé à sa réalisation...

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à M^{me} MAHDI Djahida ; Qui fut pour moi une directrice de thèse très attentive et responsable. Sa rigueur scientifique, son savoir et sa modestie m'ont beaucoup appris, elle a été et restera l'exemple idéal dans ma carrière professionnelle.

Je suis très honorée de remercier la présence à mon jury de thèse :

-Professeur OULDJAOUI Abdellah, qui a accepté de présider ce jury,

-Professeur MEKROUD Abdeslem, qui a accepté d'examiner ma thèse, Sincères remerciements,

-Professeur NACIB Yousef, qui a accepté d'examiner ma thèse malgré ses occupations,

-Professeur BOULAKHSSAIM Mouloud, qui nous a fait l'honneur de faire partie de notre jury de thèse. Sincères remerciements

-Maitre de conférence BOUDEBZA Assia, qui a accepté de participer dans l'examination de ma thèse. Mes vifs remerciements

Je souhaiterai aussi adresser ma grande gratitude à Mr MAAMERI pour m'avoir fait confiance et accueilli dans sa ferme, sans oublier sa famille formidable et généreuse, grâce à vous j'ai pu réaliser mes idées de recherche dans d'excellentes conditions.

Ma reconnaissance va aussi à Dr FERHI Hassina qui m'a aidé de manière bénévole dans le suivi sanitaire de mes belles chèvres.

Mes vifs remerciements sont adressés aussi à Professeur BENLATRECH Cherifa pour sa disponibilité et son accueil au sein du service de Biochimie du CHU Ibn Badis de Constantine.

Ces remerciements seraient incomplets si je ne les adressais pas à Dr HABES Meriem Pharmacienne responsable du laboratoire d'analyse à l'EPSP Ain Beida pour m'avoir aidé d'une manière régulière et continue tout le long de ma thèse.

A titre plus personnelle je remercie chaleureusement mon mari Abdelaali pour la très grande patience, l'encouragement et la confiance qu'il m'a témoignée. Je tiens à le remercier surtout pour son soutien moral ininterrompu et ses nombreux conseils tout le long de ma thèse.

A Dr ROUAR .S, pour son aide et son orientation dans le domaine des statistiques, merci infiniment.

Je n'oublierai jamais l'aide permanente et le soutien moral malgré les distances ; de ma belle sœur Mariqa Bergman.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A ceux qui ont veillé sur moi depuis toujours, ceux qui m'ont fait confiance qui m'ont soutenu sans faille dans tous mes projets et qui ont accepté mes choix sans pour autant toujours les comprendre....

A ceux qui ont attendu ce moment avec impatience

A mes parents

A celui qui a été toujours à mes côtés, patient, généreux et fidèle

*A mon mari : **Abdelaali***

A ceux qui m'ont donné toujours le soutien et le courage de poursuivre le chemin lors des moments de faiblesse

Ames enfants : Amine, Soundous, Safaa Dhaouia et Abderrahmene

Pardonnez-moi

A mes sœurs et frères : Sakina, Djoulisa, Noureddine, Fethi, Salah et Khadija

A ma belle famille spécialement ma sœur Rafika

A mes oncles et mes tantes

A mes cousins et cousines

A mes amies : Amel, Asma, Assia, Ilhem, Katiba, Nadhira, Saïda,....

A tous mes enseignants et enseignantes de l'école primaire à l'université

A mes étudiants et étudiantes

A tout le personnel du département de Biologie

*A tous ce qui connaisse **Sofia***



Sommaire

Sommaire

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des abréviations.....	i
Liste des tableaux.....	ii
Liste des figures.....	iii
Liste des photos.....	vii
INTRODUCTION.....	1

Partie Bibliographique

CHAPITRE I : Elevage caprin en Algérie.....	4
1. Aperçu général sur l'élevage caprin en Algérie.....	4
1.1. Evolution de l'effectif des caprins en Algérie.....	4
1.2. Population caprine en Algérie.....	5
1.2.1. Répartition géographique de la population locale.....	6
1.2.1.1. Chèvre Arbia en Algérie.....	6
1.3. Systèmes d'élevage.....	7
1.3.1. Système extensif.....	7
1.3.2. Système intensif.....	8
2. Alimentation des caprins.....	8
2.1. Disponibilité fourragère.....	8
2.2. Comportement alimentaire de la chèvre.....	9
2.2.1. Capacité d'ingestion de la chèvre.....	9
2.3. Besoins nutritifs de la chèvre.....	10
2.3.1. Besoins d'entretien.....	10
2.3.2. Besoins de production.....	11
2.3.2.1. Besoins de gestation.....	11
2.3.2.2. Besoins de lactation.....	12
2.4. Besoins et alimentation en eau des caprins.....	13
2.5. Besoins et recommandations en supplémentation vitaminique.....	13
2.5.1. Besoins en vitamines.....	13
2.5.2. Recommandations en supplémentation vitaminique.....	14
2.6. Notation de l'état corporel (NEC) chez les caprins.....	15
2.6.1. Définition et intérêts de l'utilisation de la NEC.....	15

2.6.2. Méthode d'appréciation de la NEC	16
3. Caractéristiques reproductives de la chèvre	17
3.1. Puberté et mise à la reproduction	17
3.2. Activité sexuelle chez la chèvre	18
3.2.1. Rôle de la mélatonine	19
3.2.2. Cycle sexuel de la chèvre	19
3.2.2.1. Signes de l'œstrus chez la chèvre	20
3.3. Gestation chez la chèvre	21
3.4. Lactation chez la chèvre	22
3.4.1. Morphologie et structure de la mamelle de la chèvre.....	22
3.4.2. Physiologie de la lactation.....	23
3.4.2.1. Mammogénèse et son contrôle hormonal	23
3.4.2.2. Lactogénèse ou déclenchement de la sécrétion lactée	24
3.4.2.3. Galactopoïèse ou synthèse du lait et entretien de la sécrétion lactée.....	24
3.4.2.3.1. Origine des constituants du lait.....	25
3.4.2.3.2. Contrôle hormonal de la galactopoïèse.....	25
3.4.2.4. Tarrissement.....	26
CHAPITRE II: Métabolisme et adaptations métaboliques au cours de la gestation et la lactation chez la chèvre.....	27
1. Métabolisme énergétique	27
1.1. Métabolisme des glucides.....	27
1.1.1. Néoglucogénèse.....	28
1.2. Métabolisme des lipides	29
1.2.1. Nature des lipides dans l'alimentation des ruminants	29
1.2.2. Métabolisme des lipides dans le rumen	30
1.2.2.1. Lipolyse et hydrogénation.....	30
1.2.2.2. Origine des lipides microbiens	30
1.2.2.3. Composition des lipides microbiens	30
1.2.3. Digestion et absorption intestinales des lipides.....	31
1.2.4. Métabolisme hépatique des acides gras chez le ruminant	31
2. Adaptations du métabolisme énergétique durant la gestation et la lactation chez les ruminants	32

2.1. Adaptations du métabolisme énergétique durant la gestation et la lactation chez la chèvre.....	34
2.1.1. Déviations métaboliques : stéatoses, cétozes et toxémie de gestation.....	35
3. Métabolisme des composés azotés	36
3.1. Origine des acides aminés sanguins	36
3.2. Absorption des produits de la digestion des matières azotées.....	36
3.2.1. Dégradation des composés azotés dans le rumen	37
3.2.2. Synthèse microbienne des constituants azotés	37
3.3. Adaptations du métabolisme protéique durant la gestation et la lactation chez.....	37
le ruminant.....	37
4. Métabolisme des minéraux	39
4.1. Métabolisme du calcium et du phosphore.....	39
4.1.1. Localisation et rôles physiologiques du calcium et du phosphore dans l'organisme du ruminant.....	39
4.1.2. Composition phosphocalcique des aliments des ruminants	39
4.1.3. Absorption et excrétion du calcium et du phosphore	40
4.1.4. Homéostasie phosphocalcique.....	40
4.1.5. Adaptations du métabolisme phosphocalcique durant la gestation et la lactation chez le ruminant.....	41
4.2. Métabolisme du magnésium	42
4.2.1. Localisation et rôle physiologique.....	42
4.2.2. Absorption, excrétion et homéostasie.....	42
4.3. Métabolisme du sodium, potassium et du chlore	43
4.4. Métabolisme du fer.....	44

Partie Expérimentale

MATERIEL ET METHODES	45
1. Lieu d'étude.....	45
2. Animaux	45
2.1 Choix de la ferme.....	45
2.2. Choix et identification des animaux	46
2.3. Système d'élevage suivi dans la ferme.....	46
2.4. Troupeau expérimental.....	47
3. Méthodes.....	49

3. 1. Prises de sang et analyses au laboratoire.....	49
3.2. Pesée des animaux et évaluation de la note d'état corporel (NEC)	50
3.3. Méthodes de dosage des paramètres biochimiques et minéraux	51
3.3.1. Méthodes de dosage des paramètres biochimiques	51
3.3.1.1. Méthode de dosage du glucose (Glu)	51
3.3.1.2. Méthode de dosage du cholestérol (CHO).....	51
3.3.1.3. Méthode de dosage des triglycérides (TRG)	52
3.3.1.4. Méthode de dosage des protéines totales (PT).....	52
3.3.1.5. Méthode de dosage de l'albumine (Alb).....	53
3.3.1.6. Méthode de dosage de l'urée (Urée).....	53
3.3.1.7. Méthode de dosage de la créatinine (Créat).....	53
3.3.1.8. Méthode de dosage de l'activité ALT (ALT)	53
3.3.1.9. Méthode de dosage de l'activité AST (AST).....	54
3.3.2. Méthodes de dosage des minéraux	54
3.3.2.1. Méthode de dosage du calcium (Ca).....	54
3.3.2.2. Méthode de dosage du phosphore inorganique (Pi).....	55
3.3.2.3. Méthode de dosage du magnésium (Mg).....	55
3.3.2.4. Méthodes de dosage du fer (Fe).....	55
3.3.2.5. Méthodes de dosage du sodium, potassium et du chlore (Na, K et Cl).....	56
3.4. Analyse statistique.....	56
RESULTATS ET DISCUSSIONS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
1. Résultats et discussion de la première étude : variations des paramètres sanguins durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année.....	57
1.1. Résultats	57
1.1.1. Variations des paramètres du métabolisme énergétique durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année	57
1.1.2. Variations des paramètres du métabolisme protéique durant différent stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année	59
1.1.3. Variations de l'activité enzymatique d'ALT et d'AST durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année	63
1.1.4. Variations des paramètres du métabolisme minéral durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année	65

1.1.4.1. Variations de la calcémie durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année.....	65
1.1.4.2. Variations de la phosphorémie durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année	65
1.1.4.3. Variations de la natrémie, kaliémie et chlorémie durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année	66
1.1.4.4. Variations de la magnésémie durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année	68
1.1.4.5. Variations de la sidérémie durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année.....	69
1.2. Discussion.....	70
1.2.1. Paramètres du métabolisme énergétique	70
1.2.2. Paramètres du métabolisme protéique	72
1.2.3. Activité enzymatique d'ALT et d'AST	75
1.2.4. Paramètres du métabolisme minéral.....	76
2. Résultats et discussion de la deuxième étude : comparaison des paramètres sanguins, de la NEC et du PV entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant différents stades de la lactation.....	79
2.1. Résultats	87
2.1.1. Comparaison des paramètres sanguins entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation.....	79
2.1.1.1. Comparaison de la glycémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation.....	79
2.1.1.2. Comparaison de la créatininémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	80
2.1.1.3. Comparaison de la protéinémie totale entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	81
2.1.1.4. Comparaison de l'albuminémie et l'urémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	82
2.1.1.5. Comparaison de la globulinémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	84
2.1.1.6. Comparaison de la cholestérolémie et la triglycéridémie entre les chèvres Arbia Primipares et multipares durant différents stades de la lactation.....	84

2.1.1.7. Comparaison de l'activité enzymatique d'AST et d'ALT entre les chèvres Arbia Primipares et multipares durant différents stades de la lactation.....	86
2.1.1.8. Comparaison de la calcémie et de la magnésémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	87
2.1.2.9. Comparaison de la phosphorémie et la sidérémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	89
2.1.2.10. Comparaison de la natrémie (Na), la kaliémie (K) et la chlorémie (Cl) entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation.....	90
2.1.2. Comparaison de la NEC et du PV entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	92
2.1.2.1. Comparaison de la NEC entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	92
2.1.2.2. Comparaison du PV durant la période de la lactation entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation	94
2.1.3. Relation entre la note d'état corporel (NEC) et le poids vif (PV) et certains paramètres sanguins durant différents stades de lactation en fonction de la parité chez la chèvre Arbia	95
2.2. Discussion	99
2.2.1. Comparaison des taux plasmatiques du glucose, des triglycérides, du cholestérol, de la NEC et du PV entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant la période de lactation	99
2.2.2. Comparaison de la protéinémie, l'urémie, la créatininémie et l'activité enzymatique d'ALT et d'AST entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant la période de lactation	102
2.2.3. Comparaison des taux plasmatiques du calcium, du phosphore inorganique, du fer, du magnésium, du sodium, du chlore et du potassium entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant la période de lactation.....	104
3. Résultats et discussion de la troisième étude : Profils minéro-biochimiques des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum	107
3.1. Résultats	107
3.1.1. Profil énergétique des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum	107
3.1.1.1. Glycémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum.....	107
3.1.1.2. Cholestérolémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum	108
3.1.1.3. Triglycéridémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum	108

3.1.2.Profil protéique des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum.....	109
3.1.2.1.Protéïnémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum.....	109
3.1.2.2.Albuminémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum	110
3.1.2.3.Urémie des chèvres Arbia (1- 4 ans) au cours du péri-partum	111
3.1.2.4.Créatininémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum.....	111
3.1.3.Profil minéral des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum.....	114
3.2.Discussion	117
3.2.1.Profil énergétique des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum	117
3.2.2.Profil protéique des chèvres Arbia (1- 4 ans) au cours du péri-partum.....	118
3.2.3. Profil minéral des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum.....	119
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	121
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	123
ANNEXES	
RESUME	

Liste des abréviations

- AG** : Avant gestation
AGNE : Acides gras non estérifiés
DL : Début lactation
EM : Energie métabolisable
EN : Energie nette
ER : Equivalent de rétinol
FG : Fin gestation
FL : Fin de lactation
GMQ : Guain moyen quotidien
ITELV : Institut technique d'élevage
MAT : Matière azotée
ML : Milieu lactation
MS : Matière sèche
MSI : Matière sèche ingérée
NEC : Note d'état corporel
PDI : Protéine digestible dans l'intestin
PRL : Prolactine
PS : Période sèche
PV : Poids vif
PVmb : Poids vif à la mise bas
ST : Stade tardif de lactation
UFL : Unité Fouragère Lait
UZO : Unité Zootechnique Ovine
1SPrP : 1 semaine pré-partum
3SPP : 3 semaines post-partum

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Besoins nets en magnésium, sodium, potassium et chlore des caprins (Meschy 2002, 2007).	10
Tableau 2	Besoins alimentaires des chèvres en fin de gestation (INRA, 2007)	11
Tableau 3	Principaux besoins des chèvres, hors besoins de gestation (INRA, 2007)	12
Tableau 4	Recommandations quotidiennes en vitamines A, D et E distribués comme supplément alimentaire aux caprins (NRC, 2007).	15
Tableau 5	Notes d'état corporel recommandées pour un troupeau conduit en chèvrerie et produisant au moins 900 kg de lait/an (Leborgne et Tanguy, 2014)	16
Tableau 6	Evolution de la note d'état corporel (NEC) durant les stades DL, ML, ST et FL de lactation chez les chèvres Arbia PRIM et les chèvres MULTI	93
Tableau 7	Evolution du poids vif (PV) en kg durant la période de la lactation chez la chèvre Arbia en fonction de la parité.	95
Tableau 8	Coefficient de corrélation de Pearson entre la NEC et certains paramètres plasmatiques et le PV chez la chèvre Arbia PRIM et MULTI au cours du stade DL de lactation	96
Tableau 9	Coefficient de corrélation de Pearson entre NEC et certains paramètres plasmatiques et le PV chez la chèvre Arbia PRIM et MULTI au cours du stade ML de lactation	97
Tableau 10	Coefficient de corrélation de Pearson entre NEC et certains paramètres plasmatiques et le PV chez la chèvre Arbia PRIM et MULTI au cours du stade ST de lactation	98
Tableau 11	Coefficient de corrélation de Pearson entre NEC et certains paramètres plasmatiques et le PV chez la chèvre Arbia PRIM et MULTI au cours du stade FL de lactation	98
Tableau 12	Coefficient de corrélation de Pearson entre les concentrations de paramètres plasmatiques étudiées chez les chèvres Arbia âgées de 1 à 4 ans au cours de 1SPrP	113
Tableau 13	Coefficient de corrélation de Pearson entre les concentrations des paramètres plasmatiques étudiées chez les chèvres Arbia âgées de 1 à 4 ans au cours de 3SPP	116

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
Figure 1	Evolution de l'effectif (tête) des caprins en Algérie de l'an 2006 à 2016.	05
Figure 2	Répartition des différentes catégories des ruminants en Algérie (Statistiques 2016 tirés à partir de FAO, 2017)	05
Figure 3	(a) Coupe d'une vertèbre lombaire, (b) Coupe de face du sternum (Source : Fiches Casdarsyscare, 2013).	07
Figure 4	Proportion de chèvres présentant un œstrus (en vert) ou une ovulation (en rouge) selon le mois de l'année dans un troupeau de chèvres Alpines (n=15) (Institut de l'élevage, 2012 ; d'après Fatet et al, 2010 ; Baril et al, 1993).	18
Figure 5	Représentation schématique des différents événements physiologiques au cours du cycle sexuel chez la chèvre (Institut de l'élevage, d'après Fatet et al., 2010 ; Baril et al., 1993 et Evans, 2003)	20
Figure 6	structure de la mamelle de la chèvre (Reveau <i>et al.</i> , 1998)	23
Figure 7	Localisation de la région d'étude	45
Figure 8	Organigramme récapitulatif du protocole expérimental	48
Figure 9	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne ± écart-type) du glucose (Glu) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	58
Figure 10	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne ± écartype) du Cholestérol (CHO) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	58
Figure 11	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne ± écartype) des triglycérides (TRG) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	59
Figure 12	Concentration (g/L) plasmatique (moyenne ± écartype) d'albumine (Alb) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	60
Figure 13	Concentration (g/L) plasmatique (moyenne ± écartype) des protéines totales (PT) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	61
Figure 14	Concentration (g/L) plasmatique (moyenne ± écartype) des globulines (Glb) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	61
Figure 15	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne ± écartype) de l'urée (Urée) Chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	62
Figure 16	Concentration (mg/L) plasmatique (moyenne ± écartype) de la créatinine (Créat.) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	63
Figure 17	Concentration (U/L) plasmatique (moyenne ± écartype) de l'activité AST chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de	64

	production.	
Figure 18	Concentration (U/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) de l'activité ALT chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	64
Figure 19	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du calcium (Ca) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	65
Figure 20	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du phosphore inorganique (Pi) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	66
Figure 21	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du sodium (Na) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	67
Figure 22	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du potassium (K) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	67
Figure 23	Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du chlore (Cl) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	68
Figure 24	Concentration (mmol/L) plasmatique moyenne (\pm écartype) du magnésium (Mg) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	69
Figure 25	Concentration (μ mol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du fer (Fe) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.	70
Figure 26	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmo/L) plasmatique du glucose (Glu) chez les chèvres Arbia PRIM et les chèvres MULTI durant la période de lactation.	80
Figure 27	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mg/L) plasmatique de la créatinine (Créat) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	81
Figure 28	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (g/L) plasmatique des protéines totales (PT) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	82
Figure 29	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (g/L) plasmatique de l'albumine (Alb) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	83
Figure 30	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique de l'urée (Urée) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.	83
Figure 31	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (g/L) plasmatique des globulines (Glb) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	84
Figure 32	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique du cholestérol (CHO) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	85
Figure 33	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique des triglycérides (TRG) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.	85

Figure 34	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (U/L) plasmatique de l'activité AST chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.	86
Figure 35	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (U/L) plasmatique de l'activité ALT chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.	87
Figure 36	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmo/L) plasmatique du calcium (Ca) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	88
Figure 37	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmo/L) plasmatique du magnésium (Mg) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	88
Figure 38	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique du phosphore inorganique (Pi) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	89
Figure 39	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (μ mol/L) plasmatique du fer (Fe) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.	90
Figure 40	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmo/L) plasmatique du sodium (Na) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	91
Figure 41	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique du chlore (Cl) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	91
Figure 42	Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique du potassium (K) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation	92
Figure 43	Evolution de la NEC (moyenne \pm écartype) durant la période de lactation chez les chèvres Arbia (PRIM + MULTI)	93
Figure 44	Evolution du poids vif (PV) (Kg) moyen (\pm écartype) durant la période de lactation chez les chèvres Arbia (PRIM + MULTI).	94
Figure 45	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique du glucose (Glu) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	107
Figure 46	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique du cholestérol (CHO) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	108
Figure 47	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique des triglycérides (TRG) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	109
Figure 48	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique des protéines totales (PT) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	110
Figure 49	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique d'albumine (Alb) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	110
Figure 50	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique de l'urée (Urée) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	111
Figure 51	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mg/L) plasmatique de la créatinine (Créat) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	112
Figure 52	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mg/L) plasmatique du calcium	114

	(Ca) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	
Figure 53	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mg/L) plasmatique du phosphore inorganique (Pi) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	114
Figure 54	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mmol /L) plasmatique du sodium (Na) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	115
Figure 55	Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mmol /L) plasmatique du potassium (K) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans	115

Liste des photos

Photo N°	Titre	Page
Photo 1	Chèvre Arbia (Sahraoui et Madani <i>et al.</i> , 2014)	07
Photo 2	Prise du sang au niveau de la veine jugulaire (photo personnelle)	49
Photo 3	Appréciation de la NEC lombaire (photo personnelle)	50
Photo 4	Appréciation de la NEC sternale (photo personnelle)	50

Introduction

Introduction

Comme les bovins et les ovins, les caprins sont des herbivores qui occupent une place prépondérante chez les animaux domestiques utilisés à des fins de production. Ils sont particulièrement adaptés pour valoriser les fourrages (herbe, tiges et feuilles des plantes céréalières, etc.), à la différence des autres animaux de rente qui les digèrent très mal, et de transformer la biomasse végétale en produits animaux de grande valeur nutritionnelle pour l'homme (protéines contenues dans la viande et le lait) (Jarrige *et al.*, 1995).

Les caprins sont exploitées à des fins diverses, en plus de la production de la viande, il y a également la production de fibres de cachemire et de mohair, la production de lait et de fromage et les peaux pour la fabrication du cuir (Smith and Sherman, 2009).

Ces dernières années, les agriculteurs ont été plus intéressés par l'élevage et la reproduction des chèvres en Algérie, en raison de la forte demande de leurs produits (viande et lait) par les consommateurs. Les valeurs diététiques et gustatives de ces produits sont bien connues maintenant (Webb *et al.*, 2005; Park, 2007; Helmut *et al.*, 2012; Park, 2012; Tomović *et al.*, 2016). Le lait de chèvre est plus digeste et a une durée de conservation plus longue que le lait de vache. Sous forme de lait ou de fromage, il jouit incontestablement d'une image.. santé" (Desjeux, 1993). Il est très bénéfique pour les patients diabétiques (Nagura, 2004), les personnes souffrant de certaines maladies ou d'intolérance au lait de vache (Haenlein, 2004). De l'autre côté, ces animaux sont caractérisés par leur capacité à prospérer dans des environnements difficiles et à présenter une efficacité élevée de conversion des aliments. En conséquence, le nombre de caprins a augmenté pour atteindre 4,9 millions sur 35 millions de têtes de tous types de ruminants en Algérie, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2017). Les chèvres sont élevées principalement dans les zones montagneuses, mais le plus grand nombre est réparti dans les zones de steppe et subsaharienne de l'Algérie (Moustaria, 2008). La chèvre Arbia est l'une des races les plus populaires pour la production de lait et de viande. Il est donc important de conserver et de contrôler la santé des chèvres pour augmenter la production animale.

Il est évident que les taux sanguins de divers paramètres sanguins peuvent être utilisés comme critères pour prévoir l'apparition de certains troubles métaboliques, le diagnostic et le pronostic des maladies métaboliques, la productivité des animaux, ainsi que pour l'évaluation de l'état nutritionnel (Radostits *et al.*, 2000; Balikci *et al.*, 2007; Karapehliyan *et al.*, 2007; Tanritanir *et al.*, 2009; Bagnicka *et al.*, 2014; Doré *et al.*, 2015; Vasava *et al.*, 2016; Soares *et al.*, 2018).

Toutefois, au cours de ces dernières années, de nombreux chercheurs ont montré que de nombreux facteurs tels que l'âge (Mbassa and Poulsen, 1993; Antunović *et al.*, 2017), les différents facteurs environnementaux et les différentes méthodes de gestion (Sharma & Kataria, 2012), la situation géographique sous différents climats, le sexe, la saison, la race influent sur les paramètres sanguins des petits ruminants (Antunović *et al.*, 2017; Mbassa et Poulsen, 1991; Azab et Abdel-Maksoud, 1999; Anwar *et al.*, 2012; Piccione *et al.*, 2012; Donia *et al.*, 2014; Bagnicka *et al.*, 2014; Ribeiro *et al.*, 2016 ; Abd El-Hamid *et al.*, 2017), et les étapes physiologiques de la production (Azab et Abdel-Maksoud, 1999; Iriadam, 2007; Piccione *et al.*, 2011; Sadjadian *et al.*, 2013 ; Donia *et al.*, 2014; Manat *et al.*, 2016; Soares *et al.*, 2018).

Plusieurs études ont montré de grandes variations dans les niveaux des paramètres sanguins entre les races de chèvres pendant les périodes de gestation, de mise bas et d'allaitement (Tanritanir *et al.*, 2009; Iriadam, 2007; Waziri *et al.*, 2010; Darwesh *et al.*, 2013). Ces trois stades physiologiques de production sont connus pour causer un stress métabolique. La gestation et la lactation sont des stades physiologiques considérés comme modifiant le métabolisme chez les animaux (Krajničáková *et al.*, 2003; Iriadam, 2007) en raison de l'augmentation de leurs besoins nutritionnels, notamment en fin de gestation et au début de la lactation (Goff & Horst, 1997). En effet, en fin de gestation, 80% de la croissance fœtale entraîne une augmentation significative des besoins en nutriments (Bell, 1995; Dawson *et al.*, 1999). Il existe également une forte demande en protéines pour la croissance des mamelles et la production du colostrum, et une baisse de la consommation alimentaire volontaire malgré la demande accrue de nutriments (Bell, 1995). D'autre part, les minéraux sont importants en tant que nutriments essentiels dans l'alimentation des animaux. Ils jouent un rôle important dans la régulation de la fonction physiologique de la période puerpérale. En d'autres termes, le stade physiologique peut modifier les exigences des animaux en ces éléments (Ahmed *et al.*, 2000).

Ainsi, en réponse à ces situations critiques, des modifications du profil métabolique de l'animal peuvent apparaître et affecter la concentration des paramètres biochimiques des petits ruminants (Sobiech *et al.*, 2008).

L'interaction entre les animaux et l'environnement, la capacité d'adaptation de chaque espèce et de chaque race ont été des caractéristiques essentielles. Par conséquent, de nombreux chercheurs ont étudié leurs races d'animaux dans les conditions locales afin d'établir pour différents paramètres sanguins des valeurs de référence physiologiques appropriées (Vojta *et al.*, 2011; Šimpraga *et al.*, 2013; Radin *et al.*, 2017), et de prendre des

Introduction

décisions sur le meilleur système d'élevage et la meilleure stratégie de gestion pour augmenter les productions des animaux (Mirkena *et al.*, 2010).

En Algérie, il n'y a eu aucune étude sur les variations du profil biochimique chez la chèvre Arbia durant les différents stades du cycle de reproduction. Toutes les études citées sur cette race dans la bibliographie étaient sur les caractéristiques phénotypiques (Djouza et Chehma, 2018) et récemment génétiques (Tefiel *et al.*, 2018).

Dans ce contexte cette étude était menée à fin d'étudier les variations de certains paramètres sanguins biochimiques et minéraux chez les chèvres Arbia, élevées traditionnellement dans une zone semi-aride du Nord-Est de l'Algérie, durant différents stades physiologiques de reproduction. La première partie de la présente recherche a concerné une synthèse bibliographique portant sur l'élevage des caprins, le métabolisme et les adaptations métaboliques chez la chèvre en fin de gestation et au début de la lactation. La deuxième partie est la partie expérimentale portant 3 études :

❖ Etude 1 : l'étude des variations des paramètres sanguins chez les chèvres Arbia âgées d'une année (primipares) au cours des différentes étapes de la production.

❖ Etude 2 : Comparaison des paramètres sanguins, de la note d'état corporel et du poids vif entre les chèvres âgées d'une année (primipares) et celles de 2 à 4 ans (multipares) durant différents stades de la lactation.

❖ Etude 3 : vise à étudier l'effet de la période péri-parturiente sur les variations des paramètres sanguins.

Partie
Bibliographique

Chapitre I

Elevage caprin en Algérie

Chapitre I

Elevage caprin en Algérie

1. Aperçu général sur l'élevage caprin en Algérie

L'élevage constitue une source de revenu pour une bonne partie du monde (Dedieu *et al.*, 2010). Ainsi, l'élevage caprin a toujours joué un rôle important dans plusieurs pays du monde, notamment dans les pays en voie de développement (ITELV, 2009).

En Algérie, l'élevage caprin compte parmi les activités agricoles les plus répandues en régions difficiles, il est basé sur l'exploitation des ressources naturelles (parcours, maquis, forêts...) (ITELV, 2009). Il permet de transformer ces ressources pastorales en produits de qualité ; le lait de chèvre et la viande caprine sont en effet des sources nutritionnelles intéressantes, mais ils participent aussi aux revenus des populations rurales (Sahraoui *et al.*, 2016). Les caprins contribuent également au maintien des éleveurs en territoires pauvres et peu accessibles en permettant ainsi une présence humaine dans des régions exposées au dépeuplement humain (Madani *et al.*, 2015).

Actuellement, l'élevage caprin est très largement pratiqué au sein de la population rurale algérienne. Le lait de chèvre assure en partie l'alimentation des petits enfants et fournit du lait cru, du lait caillé et du lait fermenté à toute la famille malgré un rendement peu élevé (110 litres par chèvre et par an en moyenne) (Tennah *et al.*, 2014). Cette faible productivité laitière des chèvres est due à une alimentation basée sur des ressources végétales naturelles spontanées fortement tributaires des aléas climatiques (El Bouyahiaoui, 2014). Dans les exploitations de type 'viande', le produit principal de l'élevage caprin est la vente des jeunes (6 à 12 mois) en automne et en hiver et des produits de réforme, pour subvenir aux besoins quotidiens de la trésorerie familiale (Madani *et al.*, 2015).

1.1. Evolution de l'effectif des caprins en Algérie

Le cheptel caprin algérien a connu une évolution progressive depuis l'an 2006 dont le nombre a passé de 4287300 têtes en 2010 à 5013950 têtes en 2015, en atteignant un effectif maximum de 5129839 en 2014, autrement dit avec une hausse d'environ de 17% (16,95%) (Figure 1). En 2016, l'effectif des caprins en Algérie a été estimé à plus de 4,9 millions sur 35 millions de têtes de tous types de ruminants (FAO, 2017). Le cheptel caprin national vient en seconde position (14 %) après les ovins (80 %) (Figure 2).

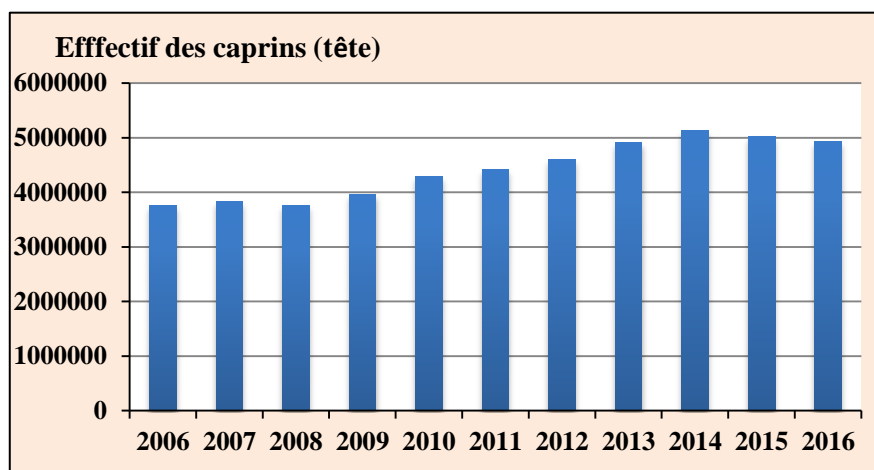


Figure 1: Evolution de l'effectif (tête) des caprins en Algérie de l'an 2006 à 2016
(FAO, 2017)

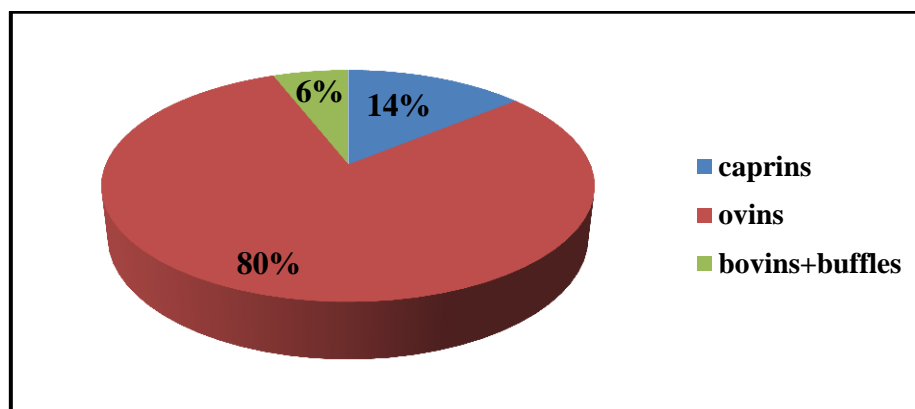


Figure 2: Répartition des différentes catégories des ruminants en Algérie
(FAO, 2017)

1.2. Population caprine en Algérie

Le cheptel caprin algérien présente une extraordinaire diversité génétique (Moula *et al.*, 2014) liée à la diversité des modes d'élevage et de leurs objectifs (Tennah *et al.*, 2014) mais peu de descriptions de ses populations ont été faites jusqu'à maintenant. Ce cheptel est représenté par (i) une population des races caprines locales : la race Arbia, la race Kabyle (Naine de Kabyle), la race Makatia et la race M'zabia; (ii) des races importées représentées principalement par la Saanen et à un moindre degré par l'Alpine, importées d'Europe et caractérisées par leur forte production laitière, et enfin (iii) une population métissée issue de croisements contrôlés ou incontrôlés des races locales avec les races Maltaise, Damasquine, Murciana, Toggenburg, Alpine et Saanen. L'objectif de ces croisements reste varié selon les

régions et les éleveurs (Moula *et al.*, 2014). En étudiant certains paramètres génétiques ; Tefiel *et al.* (2018) ont indiqué que les races de chèvres indigènes algériennes (Arbia, Kabyle, Makatia et M'zabia) appartiennent à des races distinctes de bon niveau de diversité génétique. La variabilité génétique des populations locales de caprin est restée intacte à cause de la conduite d'élevage pratiquée par les éleveurs (majoritairement extensif) qui est largement dépendante des ressources pastorales et les filières de dimensions locales, qui ne favorisent pas l'échange et le transfert d'animaux entre régions (Madani *et al.*, 2003).

1.2.1. Répartition géographique de la population locale

La population caprine locale, localisée essentiellement dans les régions pastorales difficiles (montagnes, forêts, steppes et Sahara), et conduite en élevage extensif, valorise des ressources alimentaires pauvres pour produire de la viande (Madani *et al.*, 2015). Les caprins sont associés le plus souvent aux ovins. Les zones montagneuses en comptent 13,2 % ; 28,3 % du cheptel caprin est localisé en zone du Tell ; 30,7 % en zones steppiques et 26,6 % dans le sud (oasis) (ITELV, 2002 ; cité par Madani *et al.*, 2015).

1.2.1.1. Chèvre Arbia en Algérie

C'est la plus dominante des populations caprines en Algérie mais elle n'a pas bénéficié d'études approfondies pour orienter son utilisation et améliorer sa production par la suite. La race Arbia se localise principalement dans les zones steppiques ; dont l'aire d'extension s'étalerait du nord jusqu'à la limite sud de la steppe (Khemici *et al.*, 1995) où elle est parfaitement adaptée, avec un nombre total estimé à 810 000 têtes (Ouchene-Khelifi *et al.*, 2015). D'après Madani *et al.* (2003), la race Arbia se divise en deux sous-types l'un sédentaire et l'autre transhumant. Du point de vue phénotypique; la race Arbia (Photo 1) présente certaines caractéristiques morpho-biométriques spécifiques ; elle est caractérisée par une hauteur au garrot de $74,23 \pm 3,04$ cm et une longueur diagonale (corps) de $70,18 \pm 4,51$ cm; par de longues oreilles tombantes ($24,94 \pm 2,75$ cm) (Sahraoui et Madani, 2014), de longs poils et l'absence de nœuds (Ouchene-Khelifi *et al.*, 2015 ; Djouza et Chehma, 2018). La plupart des animaux ont des cornes et ils ont tous une tête et un dos droits, de couleur de robe noire ou noir et blanc avec des mamelles peu développées (Djouza et Chehma, 2018). Il a été démontré également une diversité des caractéristiques de la chèvre Arbia et une division morphologique de cette population en quatre et trois sous-populations de femelles et de mâles respectivement (Djouza et Chehma, 2018). Sur le côté génétique, cette population appartient à

la catégorie de population primaire (Khemici *et al.*, 1993) et est classée comme une race distincte avec un bon niveau de diversité génétique (Tefiel *et al.*, 2018) . Elle est surtout élevée pour la viande de chevreaux (J'dey), au vu de la valeur marchande de l'agneau. Sa production laitière, qui est de 1,5 litres/j en moyenne sert à nourrir plusieurs foyers ruraux.



Photo 1: Chèvre Arbia (Sahraoui et Madani *et al.*, 2014)

1.3. Systèmes d'élevage

Les caprins sont très adaptatifs à un large éventail de conditions climatiques et géographiques et sont plus largement distribués que tout autre bétail mammifère. Ils sont gérés, dans le monde, sous tous les systèmes de production imaginables, y compris les systèmes de confinement sauvage, transhumant, nomade, extensif, intensif (Smith et Sherman, 2009). En Algérie, le cheptel caprin est caractérisé par son adaptation aux conditions climatiques du pays. On le retrouve soit en système intensif hautement productif à caractère laitier (ITELV, 2009) ou en système extensif (Kadi *et al.*, 2013 ; Sahraoui et Madani, 2014).

1.3.1. Système extensif

C'est le plus répandu, où l'alimentation est assurée essentiellement par les parcours. Il s'agit essentiellement du caprin à viande. La capacité adaptative des chèvres à la variabilité quantitative et qualitative de l'offre alimentaire permet, dans ce système d'élevage, une production pas toujours suffisante mais à moindre coût (Kadi *et al.*, 2014). Dans les régions de montagnes semi arides algériennes, l'élevage caprin est conduit en système pastoral et exploite le matériel animal local (Sahraoui *et al.*, 2016). Les systèmes de production sont généralement fragiles car de plus en plus dépendants des apports exogènes et peu intégrés (El Bouyahiaoui, 2014).

1.3.2. Système intensif

Il s'applique aux troupeaux orientés vers une production laitière où les cultures fourragères sont favorisées. L'élevage caprin a subi un changement radical en raison de l'évolution récente du prix et de l'image de sa viande. Ces nouveaux atouts peuvent orienter son système d'élevage vers une conduite moins extensive, alors que la demande sur lait et l'engouement pour sa qualité prévoient son extension dans les zones agricoles avec intensification de son élevage, une diversification de son mode de conduite et de l'orientation de ses productions (Madani *et al.*, 2015). Cependant, les systèmes de production des petits ruminants, notamment la production de lait de chèvre ; ont été affectés par certains changements de l'environnement des élevages (climat perturbé, pression démographique croissante, des échanges internationalisées...) (Mouhous *et al.*, 2015) qui ont induit des adaptations liées à la conduite d'élevage et à l'orientation de la production (Dubeuf et Boyazoglu, 2009).

2. Alimentation des caprins

L'alimentation est l'un des principaux piliers sur lequel est basé tout élevage, notamment l'élevage caprin laitier. Elle assure l'apport d'éléments nutritifs nécessaires pour satisfaire les besoins des animaux de façon à les maintenir en bonne santé et de leur permettre d'extérioriser leurs potentialités génétiques. Pour cela, il faut établir des rations dont les caractéristiques sont déterminées en fonction de l'espèce animale, du stade physiologique et de la production voulue.

2.1. Disponibilité fourragère

La situation alimentaire du cheptel des herbivores sur la zone bioclimatique semi aride en Algérie met en lumière la présence d'un large écart entre les besoins alimentaires exprimés par les animaux et les disponibilités fourragères permises par les différentes ressources alimentaires (Merdjane et Yakhlef, 2016).

Les parcours steppiques algériens participent à raison de 60,4 % des disponibilités fourragères procurant ainsi un apport énergétique moyen d'environ 1,73 milliard d'UF correspondant à un taux de couverture des besoins du cheptel steppique de 37,5 %. La production fourragère totale en steppe compte également une contribution de 16,4 % des fourrages cultivées, 22,3 % pour les jachères pâturées, 0,7% des jachères fauchées et 0,2 % pour les prairies naturelles (Yousfi *et al.*, 2017). En termes de bilan fourrager steppique, les besoins se chiffrent à plus de 4,8milliards d'UF pour environ 12 millions d'UZO. Mais l'offre

fourragère calculée d'après les données statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural est de l'ordre de 2,8 milliards d'UFce qui correspond à un déficit de l'ordre d'environ 2 milliards d'UF (Yousfi *et al.*, 2017).

2.2. Comportement alimentaire de la chèvre

Le comportement alimentaire des chèvres comprend certaines particularités par rapport aux autres ruminants, en pâturage ou à l'auge. Les chèvres présentent la particularité de trier ses aliments; elles choisissent généralement les parties à haute valeur nutritive de l'aliment (feuilles riches en azote et en matière organique) et valorisent la végétation herbacée et ligneuse disponible sur les parcours (Bourbouze et Gessous, 1979) en se basant sur la facilité de préhension, des caractéristiques sensorielles post-ingestives (Provenza *et al.*, 2003). Au pâturage, les chèvres peuvent parcourir des distances considérables et s'adapter aux espaces difficiles. En comparaison avec le mouton qui ne peut pas s'alimenter à une hauteur dépassant 1m; la chèvre peut atteindre une hauteur de 1 à 2 mètres.

Vue leur fort potentiel de sélection, les chèvres gaspillent donc une quantité importante de fourrages secs et verts. Si les chèvres sont mises au pâturage pendant la journée, elles ingèrent de 0,5 à 1,2 kg de matière sèche avec des refus pouvant s'élever à plus de 60 % dans certains cas (Morand-Fehr et Sauvant, 1988). Une complémentation avec un autre fourrage ou des quantités importantes d'aliments concentrés est nécessaire à l'entrée à l'étable pour que les chèvres puissent exprimer leur potentiel laitier (Morand-Fehr et Sauvant, 1988). Pratiquement, il est impossible de limiter les refus des fourrages (sauf pour les fourrages déshydratés) à moins de 10% si l'on veut maintenir un niveau d'ingestion suffisant. Un niveau de refus de 20 à 30% pour les fourrages verts doit être toléré. Concernant les céréales, la chèvre gaspille moins les granulés (ITELV, 2009).

2.2.1. Capacité d'ingestion de la chèvre

Par sa capacité de valoriser les aliments distribués, la chèvre peut ingérer de 3 à 3,5 % de MS de son poids vif. La capacité d'ingestion varie selon le stade physiologique de l'animal ; elle est de 1,2 à 1,5 kg de matière sèche en fin de gestation et au début de lactation.

Après la mise-bas, la capacité d'ingestion augmente beaucoup plus lentement que les besoins puisque son maximum n'est atteint qu'entre la 5^{ème} et la 8^{ème} semaine de la lactation (2,6 à 2,7 kg MS) (Morand-Fehr et Sauvant, 1988). Ce décalage entre les apports et les besoins explique le bilan énergétique négatif et la mobilisation des réserves corporelles observés durant cette période. Par ailleurs, la chèvre digère mieux la cellulose brute, ce qui

fait d'elle une excellente laitière. D'une manière générale, les quantités ingérées varient selon le poids de l'animal, la quantité de lait fournie et la nature des aliments.

2.3. Besoins nutritifs de la chèvre

La connaissance des besoins alimentaires des caprins permet de gérer de façon rationnelle les ressources alimentaires disponibles. Les chèvres comme les autres animaux, ont des besoins en énergie, en azote, en minéraux, en vitamines et en eau.

2.3.1. Besoins d'entretien

Il s'agit de la quantité d'énergie, de matières azotées digestibles, des sels minéraux et de vitamines nécessaires à un animal au repos afin de maintenir ses fonctions physiologiques (renouvellement des tissus, se déplacer, lutter contre le froid, la chaleur.....etc) (Morand-Fehr et Sauvart, 1988). Ces besoins augmentent avec le poids vif et l'activité (au pâturage par exemple) de l'animal (Legarto et Lefrileux, 2012).

Un système de besoins minéraux en éléments absorbables a été adopté par Inra (INRA, 2007) dont le besoin d'entretien est basé sur la matière sèche ingérée (MSI), et pour le calcium, il varie selon l'intensité du métabolisme. Pour le Mg, le besoin d'entretien a été réévalué en prenant en considération la perte urinaire obligatoire (Robson *et al.*, 1997). Les besoins d'entretien en électrolytes sont également modulés par le stade physiologique des chèvres (Tableau 1).

Tableau 1: Besoins nets en magnésium, sodium, potassium et chlore des caprins
(Meschy 2002, 2007)

	Magnésium	Sodium	Potassium	Chlore
Entretien (g/j)				
Hors lactation	0,010 PV	0,015 PV	0,105 PV	0,023 PV
En lactation	0,010 PV	0,023 PV	0,150 PV	0,035 PV
Croissance (g/kg GMQ)	0,40	1,20	1,80	1,00
Gestation (g/j)	0,05	0,30	0,30	0,40
Lactation (g/L lait)	0,15	0,45	1,80	1,30

PV : Poids Vif en kg, GMQ : Gain Moyen Quotidien.

2.3.2. Besoins de production

Ils représentent les besoins dus à la croissance du poids corporel (graisse pour les adultes, muscles et squelette pour les jeunes), au développement du ou des fœtus et à la production du lait. Les besoins de production journaliers augmentent proportionnellement à la quantité de lait ou à la croissance.

2.3.2.1. Besoins de gestation

Les besoins de gestation n'apparaissent réellement qu'au cours des deux derniers mois (4^e et 5^e mois) (Morand-Fehr et Sauvant, 1988) ; durant lesquels, la croissance du ou des fœtus et de ses annexes est importante. Plusieurs travaux ont essayé de proposer des estimations des besoins en énergie de gestation en intégrant soit la croissance des fœtus par analogie avec les brebis (Sauvant et Morand-Fehr, 1991), ou en supposant un rendement de l'EM en EN de 0,133 (NRC, 2007), ou encore en tenant compte du nombre des fœtus (AFRC, 1998 ; Sahlu *et al.*, 2004). Il a été suggéré de conserver les recommandations de l'INRA. (2007) en raison de l'absence de nouvelles données scientifiques probantes (Sauvant *et al.*, 2012) (Tableau 2).

Tableau 2: Besoins alimentaires des chèvres en fin de gestation (INRA, 2007)

Poids vif en gestation (kg)	Stade de gestation	Besoins en énergie (UFL/j)	Besoins en protéines PDI (g/j)	Besoins en calcium Ca _{abs} (g/j)	Besoins en phosphore P _{abs} (g/j)	MS Ingérée (kg/j)
60	4 ^e mois	0,91	80	2,4	2,2	1,8 à 2
	5 ^e mois	1,03	110	2,6	2,3	2 à 1,8
70	4 ^e mois	1,02	90	2,6	2,3	1,8 à 2
	5 ^e mois	1,16	124	2,8	2,5	2 à 1,8
80	4 ^e mois	1,14	100	2,8	2,4	1,8 à 2
	5 ^e mois	1,29	137	3,0	2,6	2 à 1,8

UFL : Unité fourragère lait, PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin, abs : absorbable, Kg : kilogramme, g : gramme

2.3.2.2. Besoins de lactation

Les dépenses de lactation sont en fonction des quantités d'eau, d'énergie, de protéines, de minéraux exportés dans le lait, donc, en tout premier lieu, des quantités de lait produites. Elles incluent aussi les dépenses de fonctionnement de la mamelle, notamment en énergie (Jarrige, 1988). En pleine lactation il passe environ 400 litres de sang au travers de la mamelle par litre de lait produit, tant chez la vache que chez la chèvre. Les besoins de lactation dépendent donc de la quantité de lait produite ainsi que de sa composition (Tableau 3).

Tableau 3: Principaux besoins des chèvres, hors besoins de gestation (INRA, 2007)

Poids vif format (kg)	Production Laitière* (kg/j)	Besoins en énergie (UFL/j)	Besoins en protéines PDI (g/j)	Besoins en calcium Ca _{abs} (g/j)	Besoins en phosphore P _{abs} (g/j)	MS Ingérée (kg/j)
50	0	0,69	44 (40)	1,2	1,4	1,25
	1	1,14	89 (94)	2,7	2,7	1,57
	2	1,59	134 (147)	4,2	4,0	1,90
	3	2,04	179 (201)	5,7	5,2	2,22
	4	2,49	224 (255)	7,2	6,5	2,54
	5	2,94	269 (308)	8,7	7,7	2,86
	6	3,39	314 (362)	10,2	9,0	3,18
60	0	0,79	50 (46)	1,5	1,2	1,41
	1	1,23	95 (100)	3,0	2,9	1,74
	2	1,67	140 (154)	4,5	4,2	2,06
	3	2,12	185 (208)	5,9	5,4	2,38
	4	2,56	230 (261)	7,4	6,7	2,70
	5	3,00	275 (315)	8,9	7,9	3,02
	6	3,44	320 (369)	10,3	9,1	3,34
70	0	0,89	56 (53)	1,9	2,0	1,58
	1	1,33	101 (107)	3,3	3,2	1,90
	2	1,76	146 (160)	4,8	4,4	2,22
	3	2,20	191 (214)	6,2	5,7	2,54
	4	2,63	236 (268)	7,6	6,9	2,86
	5	3,07	281 (321)	9,1	8,1	3,18
	6	3,50	326 (375)	10,5	9,3	3,50

*Lait brut standard à 35 g/kg de matière grasse, PDI () **en gras** : Recommandations INRA, 2018 ; UFL : Unité fourragère lait, PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin, Kg : kilogramme, g : gramme, abs : absorbable. MS : Matière Sèche.

2.4. Besoins et alimentation en eau des caprins

L'eau intervient dans tous les échanges nutritifs et dans la production laitière. Chez les chèvres, comme chez les autres ruminants, les besoins en eau dépendent du niveau d'ingestion et de la composition de la ration, du niveau de production et des pertes liées à l'évaporation (Jarrige, 1978). L'ingestion totale d'eau est directement proportionnelle à l'ingestion de MSI : Eau ingérée (L/j) = 3,32 MSI (kg/j). Une influence significative de la teneur en matière azotée totale (MAT) de la ration a été constaté sur le rapport Eau ingérée/MSI (Sauvant *et al.*, 2012). Il faut tenir compte des pertes d'eau par évaporation si les chèvres subissent des périodes de chaleur élevée (> 25° C), malgré une moindre sensibilité de ces dernières au stress thermique par rapport à d'autres ruminants (Ghosh, 1987 cité par Sauvant *et al.*, 2012). En effet, l'ingestion d'eau suit la dynamique de l'ingestion du régime avec un décalage d'environ une demi-heure, notant une forte variabilité inter-animaux (Giger-Reverdin *et al.*, 2011a). L'eau d'abreuvement doit être potable, propre et outre la couverture des besoins, il convient de particulièrement veiller à l'accès à l'eau des animaux.

2.5. Besoins et recommandations en supplémentation vitaminique

Tout comme dans l'alimentation des autres animaux domestiques et des êtres humains, les vitamines liposolubles jouent un rôle important dans la nutrition des chèvres. Les vitamines hydrosolubles autres que la thiamine et la niacine sont généralement ignorées lors du rationnement chez les caprins.

2.5.1. Besoins en vitamines

➤ Vitamine A : le précurseur alimentaire standard de la vitamine A est le bêta-carotène, bien que certains autres caroténoïdes aient également une activité biologique. L'absorption, le métabolisme et le stockage des bêta-carotènes dégradés dans le rumen nécessitent l'intégralité fonctionnelle de l'épithélium digestif et du foie (Ferrando et Barlet 1978 cité par Smith et Sherman, 2009). Ils sont facilement couverts par les fourrages verts qui sont riches en carotènes. Les besoins de la chèvre en Vitamine A ont été élaborés par le NRC (2007) selon le stade physiologique et le poids corporel (31,4 ER/ kg PV ou 104,7 UI/ kg). (ER (équivalent de rétinol) peut être reconvertie en UI de vitamine A en multipliant par 3,33, donc 1 ER = environ 3,33 UI de vitamine A).

➤ Vitamine D : La vitamine D₂ (ergocalciférol) dérive de l'irradiation ultraviolette des stérols dans les végétaux surtout après la coupe, et la vitamine D₃ (cholecalciférol) qui est également synthétisée, dans l'épiderme des mammifères sous l'effet de l'irradiation

ultraviolette (Smith et Sherman, 2009). En plus de l'intégrité de l'intestin, du foie et des reins ; l'efficacité des vitamines D suppose en même temps un apport suffisant de magnésium (Wolter, 1988). Les besoins des chèvres en vitamine D sont relativement faibles et l'ensoleillement au pâturage ou la consommation de foin peut les satisfaire. Le colostrum est riche en vitamine D₃, et le lait de chèvre en contient approximativement 20 UI/L (Smith et Sherman, 2009).

➤ Vitamine E : antioxydant biologique ; la vitamine E, en agissant de façon conjointe avec le sélénium, entre dans la composition de la glutathion peroxydase qui est responsable de la destruction des produits d'oxydation des acides gras (péroxydes) (Wolter, 1988). Les ruminants ont besoin de la vitamine E dans leur alimentation car ils ne peuvent pas la synthétiser (Van Metre et Calan, 2001; cité par Smith et Sherman, 2009). Les recommandations du NRC (2007) vis-à-vis de la vitamine E sont de 10 mg/ kg PV/j. La supplémentation des chèvres gestantes est importante pour optimiser la santé des chevreaux nouveau-nés, particulièrement dans les pays à climat chaud (Smith et Sherman, 2009) et avec des rations hivernales (Wolter, 1988).

➤ Vitamines B et K : Les ruminants ne sont généralement pas carençables en vitamines du complexe B sauf dans certaines éventualités. La vitamine K est abondante dans les fourrages et largement synthétisée dans le rumen.

D'une manière générale, les ruminants et donc les caprins disposent souvent d'un bon approvisionnement de base. Toute fois des supplémentations ont été recommandées actuellement pour les chèvres en raison de l'accroissement des performances de production sur les dernières décennies (Boudon *et al.*, 2018).

2.5.2. Recommandations en supplémentation vitaminique

Les vitamines concernés par la supplémentation chez les caprins sont les vitamines A, E et D. Ces recommandations de supplémentation définissent des doses de vitamines à ajouter à la ration de base. La teneur intrinsèque de la ration n'est pas donc prise en compte (Boudon *et al.*, 2018) (Tableau 4).

Tableau 4: Recommandations quotidiennes en vitamines A, D et E distribués comme supplément alimentaire aux caprins (NRC, 2007).

Stade physiologique	Besoins (UI / kg PV)		
	Vitamine A Valeur de l'UI : 0,300 µg de trans-rétinol ou 0,550 µg de palmitate de rétinol	Vitamine D Valeur de l'UI : 0,025 µg de cholécalciférol (D ₃)	Vitamine E Valeur de l'UI : 1mg all-rac- α -tocophéryl acétate ou 0,67 mg RRR- α -tocophérol
En croissance	333	/	10
En gestation* (tarie pour la vitamine A)	105-152	/	5-6
En lactation	178	/	6

*Selon la digestibilité de la ration. PV : poids vif. UI : unité internationale.

2.6. Notation de l'état corporel (NEC) chez les caprins

2.6.1. Définition et intérêts de l'utilisation de la NEC

Face aux variations des disponibilités alimentaires, les animaux peuvent s'adapter par la mobilisation de leurs réserves corporelles et en particulier les tissus adipeux. Cette particularité est maintenant bien connue tant chez la chèvre (Morand-Fehr *et al.*, 1987 ; Santucci *et al.*, 1991) que chez la brebis (Dedieu *et al.*, 1991) et la vache (Chilliard *et al.*, 1987). Alors pour apprécier l'état des réserves corporelles des animaux, la méthode de notation de l'état corporel (NEC) a été mise en place (Santucci et Maestrini, 1985 ; Santucci *et al.*, 1991.). Appliquée chez la chèvre, la NEC sert à suivre de près le niveau de ces réserves. La NEC est une méthode simple et efficace, réalisée d'une manière régulière, elle permet d'assurer une nutrition et un programme de gestion adéquats (Cimen et Topcu, 2013) et donc aider les éleveurs à maintenir et à améliorer l'efficacité productive et /ou reproductive de leurs troupeaux. La NEC est un bon estimateur du pourcentage des lipides de l'organisme entier meilleur que le poids vif quelque soit le stade physiologique (Morand-Fehr *et al.*, 1992) et l'utilité de la NEC pour l'estimation du statut énergétique des chèvres élevées dans des systèmes extensifs a été confirmée (Cabiddu, 1999) où les quantités de fourrages ingérées sont difficilement estimables. Associé au profil métabolique, la NEC peut aider à surveiller l'état nutritionnel et à détecter les déséquilibres nutritionnels.

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'affecter la NEC, en plus de la nutrition ; il y a le génotype, la race, le sexe, le stade physiologique et l'environnement (Samardžija *et al.*, 2013). La NEC diminue après la mise bas et durant la lactation ; des notes d'état corporel inférieures à 2 ou très proches de 5 sont à éviter (Santucci *et al.*, 1991).

Pour piloter l'alimentation au cours d'un cycle de production des animaux ; la NEC doit se faire à des périodes clés du stade physiologique des animaux ce qui va permettre de mieux gérer une stratégie d'alimentation sur plusieurs cycles de production. Au cours d'un cycle de production, certains objectifs de NEC sont à recherchés (Tableau 5).

Tableau 5: Notes d'état corporel recommandées pour un troupeau conduit en chèvrerie et produisant au moins 900 kg de lait/an (Leborgne et Tanguy, 2014)

Stade physiologique	Note d'état corporel (NEC)	
	Note lombaire (NL)	Note sternale (NS)
Au tarissement	2,75-3,0	3,25-3,5
Au pic de lactation*	2,0-2,25	2,5-2,75
Avant la saillie	2,25-2,5	2,75-3,0

*pour les chèvres les plus productrices, une note lombaire de 1,75 et une note sternale de 2,25 sont tolérées.

2.6.2. Méthode d'appréciation de la NEC

Les caprins sont connus par des dépôts adipeux sous-cutanés nettement plus réduits que les ovins et les bovins (Chilliard *et al.*, 1981 ; Gall, 1982 ; Bas *et al.*, 1985). La NEC est réalisée à deux endroits de la morphologie des animaux ; sur le dos, entre la 2^e et la 5^e vertèbre lombaire (note lombaire : NL), et sur le poitrail (note sternale : NS). L'utilisation de la note lombaire seule dans l'estimation de l'état corporel est insuffisante parce que très peu de dépôts adipeux sous-cutanés sont présents sur ce site chez la plupart des caprins. En conséquence, certains auteurs (Santucci et Maestrini, 1985 ; Santucci *et al.*, 1991) préconisent l'utilisation du site sternal (où un tissu adipeux sous-cutané se dépose en quantité relativement importante chez les caprins) dans l'estimation de la NEC après avoir palpé au niveau lombaire (Hervieu *et al.*, 1995). Comme pour les autres espèces de ruminants, les NEC (lombaire et sternale) s'évaluent sur une échelle de 0 à 5 (très maigre à très grasse). Les notes établies sont très corrélées avec la teneur en lipides de la carcasse (Branca et Casu, 1987) ou encore avec la teneur lipidique de l'organisme entier de la chèvre (Morand-Fehr *et al.*, 1990). La palpation lombaire consiste à l'évaluation de remplissage de l'angle vertébral entre la 2^e et la 5^e vertèbre lombaire (Figure 3a). Par contre la palpation sternale a pour but l'évaluation du remplissage du sillon sternal (Figure 3b). (Hervieu *et al.*, 1989 cité par Hervieu *et al.*, 1995).

En 1995 Hervieu *et al.* ont essayé de décrire une échelle de notes au niveau caudal plus précises au quart de point près grâce à des études anatomiques et à des dissections. Cette méthode en s'appuyant sur des palpations des 2^e et 3^e vertèbres caudales ; elle risque de ne s'appliquer que chez les chèvres qui ont une queue du même type que les chèvres Alpines et Saanen (Hervieu *et al.*, 1995).

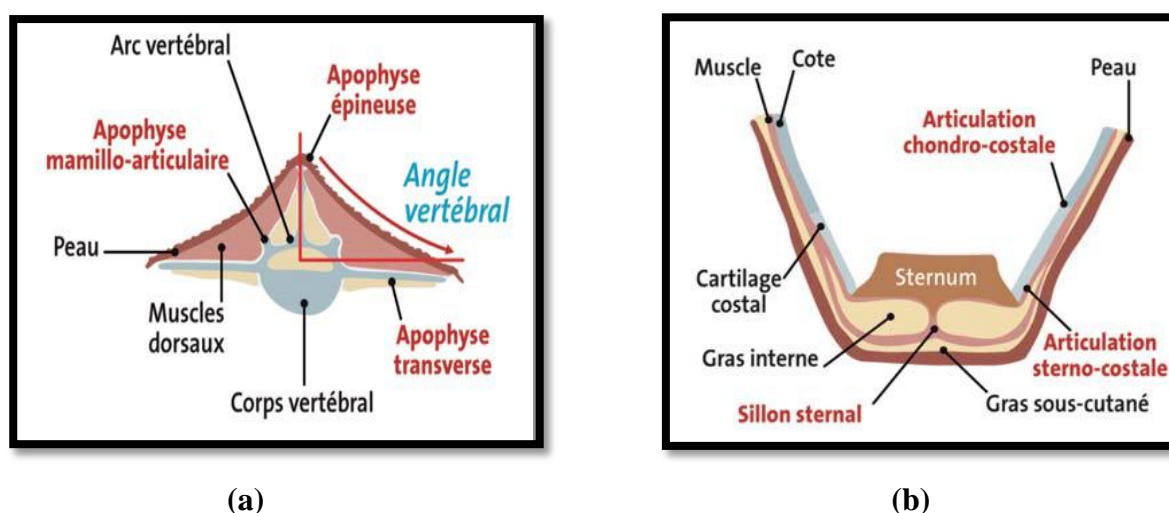


Figure 3: (a) Coupe d'une vertèbre lombaire, (b) Coupe de face du sternum

(Source : Fiches Casdar syscare, 2013).

3. Caractéristiques reproductives de la chèvre

3.1. Puberté et mise à la reproduction

La puberté correspond à l'âge de la première ovulation. Elle est fortement dépendante de la race, de la saison de naissance, de la conduite d'élevage ou encore de leur interaction (Freitas *et al.*, 2004 ;Mayeriya *et al.*, 2017). D'une manière générale, la puberté de la chevrette se situe entre 5 et 18 mois soit 40 à 60% du poids adulte. Il est d'ailleurs conseillé de ne mettre à la reproduction que les chevrettes ayant atteint un développement suffisant, soit 28 à 35 kg selon les races. Par contre les chevreaux mâles sont pubères vers 5-6 mois, mais il est cependant conseillé d'attendre l'âge de 7 mois pour les mettre à leur première reproduction (Crémoux et Chanvallon, 2012).

En Algérie, la puberté est généralement observée approximativement à l'âge de 6 à 8 mois, et l'âge minimal pour la mise à la reproduction se situe entre 12 et 15 mois à 2/3 du poids adulte (ITELV, 2009). Comme chez la femelle, une grande variabilité entre races est observée chez les chevreaux. Cependant, la puberté chez les chevreaux de race Arbia, apparaît

à un âge moyen de 228j, lorsqu'ils atteignent un poids moyen de 23,1 kg correspondant à 46,2% du poids adulte (Ait Amrane *et al.*, 2014).

3.2. Activité sexuelle chez la chèvre

La chèvre est une espèce à activité sexuelle saisonnière, et à anoestrus de lactation. C'est en période de jours décroissant que reprennent les cycles : de Juin à Décembre. La durée de la période où se produisent les cycles œstraux réguliers varie selon la région, la race, et le troupeau (Smith et Sherman, 2009 ; Zarrouk *et al.*, 2001), l'état physiologique et la présence du male (Zarrouk *et al.*, 2001).

Dans les régions tempérées, les chèvres sont poly-oestriennes saisonnières. La cyclicité commence sous l'effet de la diminution de la durée du jour. Lorsque les jours commencent à s'allonger à nouveau en hiver, l'activité sexuelle diminue progressivement (Smith et Sherman, 2009) (Figure 4) ; c'est pour cette raison que l'espèce caprine est appelée une espèce de "jours courts". Alors, pour induire l'activité sexuelle, il faut que des jours courts succèdent à des jours longs (Alternance). En revanche, en région tropicale, la reproduction des chèvres se voit durant toute l'année (Zarrouk *et al.*, 2001).

Ainsi en Algérie, Yahia *et al.* (2014) ont démontré que 71,5% des chèvres locales dans la région de la Kabylie ont manifesté au moins un œstrus pendant le mois d'Octobre, avec un maximum de 85,7% en Novembre et Décembre et un minimum de 7,14% en Juin. De l'autre côté, Ait Amrane *et al.* (2018) ont rapporté que la chèvre de race Arbia exprime une bonne activité sexuelle en été et en automne alors que celle-ci est plus faible au printemps.

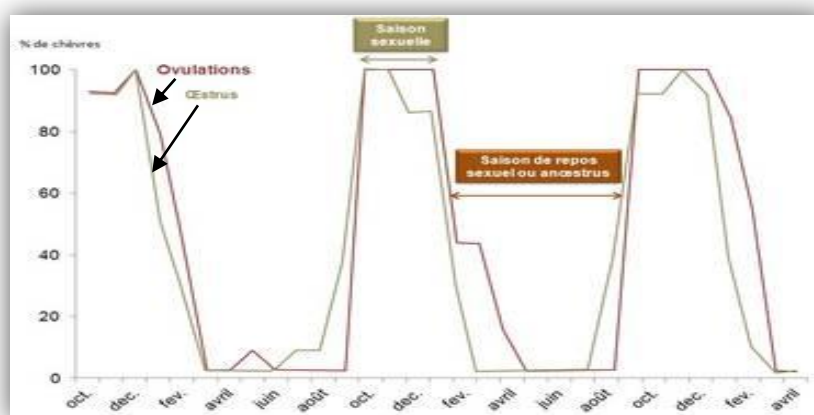


Figure 4: Proportion de chèvres présentant un œstrus ou une ovulation selon le mois de l'année dans un troupeau de chèvres Alpines (n=15) (Institut de l'élevage, 2012).

3.2.1. Rôle de la mélatonine

La reproduction des caprins est saisonnée ; elle est restreinte à une période de l'année. Elle est liée à la photopériode, c'est-à-dire aux changements de la durée d'éclairement quotidien. Cette dernière constitue le principal facteur extrinsèque influençant la physiologie endocrinienne et le comportement sexuel des reproducteurs saisonniers. L'information photopériodique (éclairement ou obscurité) captée par la rétine au niveau de l'œil est transmise par voie nerveuse jusqu'à l'épiphyse qui sécrète la mélatonine. Cette hormone serait en grande partie responsable de cette caractéristique de saisonnalité puisque la sécrétion qui est uniquement nocturne augmente (Malpaux *et al.*, 1996). Alors pour stimuler une activité sexuelle pendant la saison d'anoestrus, l'efficacité du traitement de mélatonine est bien prouvée.

3.2.2. Cycle sexuel de la chèvre

La saison sexuelle est caractérisée par la succession de cycles sexuels d'une durée moyenne de 21 jours (Smith et Sherman, 2009) avec d'importante variabilité selon la race et le moment de la saison sexuelle. Chez les chèvres naines africaines les durées sont plus variables (18 à 24 jours) (Smith et Sherman, 2009). Des cycles œstraux irréguliers, pas toujours accompagnés de manifestations œstrales, peuvent apparaître en début et en fin de la saison d'activité sexuelle (Phillips *et al.*, 1943 cité par Smith et Sherman, 2009; Camp *et al.*, 1983).

Le cycle sexuel se divise en deux phases : une phase folliculaire de 3-4 jours caractérisée par une croissance des follicules et sécrétion maximale d'œstradiol qui stimule à son tour la sécrétion des gonadotropines (FSH et LH) dont les pics préovulatoires induisent l'ovulation (Figure 5). Cette dernière se produit spontanément en fin d'œstrus, généralement 30 heures après le début de l'œstrus (Smith, 1997 cité par Vaillancourt et Lefebvre, 2003) et elle survient 24 heures après le pic de LH chez la chèvre Boer (Greyling et van Niekerk 1990). L'œstrus est influencé par la race, l'âge, la saison et la présence du mâle. Il est court en début et en fin de la saison d'activité sexuelle, en présence de mâle et au cours de la première saison sexuelle des chevrettes. L'œstrus est de courte durée (22 heures) chez les chèvres Angora comparé avec les autres races de chèvres domestiques. La phase lutéale dure 16-17 jours durant laquelle le follicule rompu se transforme en corps jaune sous l'effet de la LH hypophysaire et sécrète de la progestérone. En cas de fécondation ce corps jaune persiste et la progestérone maintient donc la gestation ; dans le cas contraire, il régresse et le taux de la progestérone diminue jusqu'au niveau basal, et un nouveau cycle apparaît donc.

Chez les races saisonnées, la saison d'anoestrus et d'anovulation est caractérisée par une absence quasi-totale de cycles (Chemineau et Delgadillo, 1994) en raison de l'augmentation saisonnière de la rétroaction négative de l'œstradiol sur la LH et ceci sous le contrôle de la photopériode par l'intermédiaire de la mélatonine (Chemineau *et al.*, 1988). Le cycle sexuel est régulé par un ensemble de mécanismes hormonaux faisant intervenir des hormones hypothalamo-hypophysaires (Gonadolibérine : GnRH ; Gonadotropines : FSH et LH) et des hormones stéroïdiennes (œstradiol, progestérone).

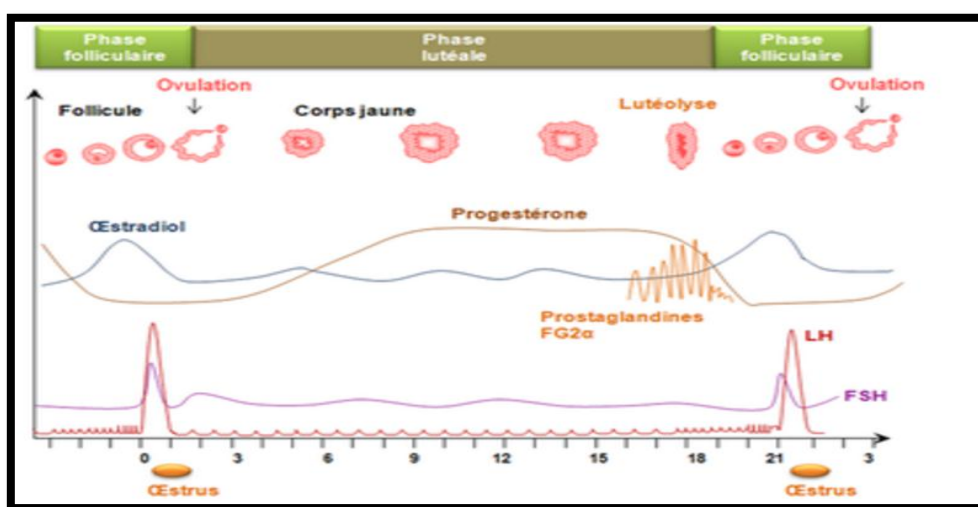


Figure 5: Représentation schématique des différents événements physiologiques au cours du cycle sexuel chez la chèvre (Institut de l'élevage, 2012)

3.2.2.1. Signes de l'œstrus chez la chèvre

La durée de l'œstrus est influencée par la race, l'âge, la saison et la présence du mâle. La plupart des races de chèvres ovulent entre 24 et 36 heures après l'apparition de l'œstrus (Jainudeen *et al.*, 2000). L'œstrus dure environ 24 heures chez les jeunes chevrettes mais peut durer 2 à 3 jours chez les femelles matures (Smith et Sherman, 2009). Il est plus court si la saillie naturelle est autorisée (Romano et Benech 1996). D'une manière générale, l'œstrus est facile à identifier si un mâle mature odorant est à proximité. Dans un premier temps, la chèvre est particulièrement agitée et s'approche du mâle pour le stimuler mais refuse ses approches. Ce comportement de la femelle accompagné d'un frétillement de la queue, de bêlements et souvent d'émission d'urine, finit par répondre en s'immobilisant, ce qui provoque des séries de chevauchements et l'accouplement. Au cours de l'œstrus, la vulve devient quelque peu enflée. La queue (qui peut souvent être observée même en l'absence d'un mâle) a vraisemblablement pour fonction d'envoyer les phéromones de l'appareil reproducteur de la chèvre dans les

environs pour attirer un mâle (Jainudeen *et al.*, 2000). Une chèvre en chaleur peut aussi chevaucher et accepter d'être chevauchée par d'autres femelles. Autres signes peuvent également être observés : diminution de l'appétit et de la production laitière (Smith et Sherman, 2009). Les pertes vaginales sont minces, claires et incolores au début de l'œstrus, ils deviennent progressivement plus épais et blanc à la fin de l'œstrus et à l'ovulation (Pretorius 1977 cité par Smith et Sherman, 2009).

3.3. Gestation chez la chèvre

Chez la chèvre, l'embryon est implanté au niveau de l'utérus aux alentours de 18 à 20 jours après la fécondation. Le type de placentation chez cette espèce est du type synépithéliochorial (Wooding, 1992). Chez tous les mammifères, l'ovariectomie bilatérale en début de gestation provoque un avortement ; ce qui est le cas chez la chèvre (Meites, 1951), mais cette constatation est valable durant toute la période de gestation du fait de l'absence de relais placentaire pour la sécrétion de progestérone contrairement à la vache et la brebis (Wango *et al.*, 1992).

La durée de la gestation chez la chèvre est de 150 jours. Elle est variable en fonction de la race, de l'individu, de la saison de la mise bas et de la parité. Mellado *et al.* (2000) ont observé une réduction progressive de la durée de la gestation à mesure que la parité augmente ($151,3 \pm 0,24$; $150,6 \pm 0,17$ et $149,9 \pm 0,39$ jours pour 1, 2 - 6 et > 7 mise-bas, respectivement). En outre, une gestation prolongée (de 152 à 160 jours) chez les chèvres était bénéfique car elle entraînait des portées plus lourdes à la naissance et une viabilité accrue des chevreaux nouveau-nés. Les chèvres portant des triplés ont tendance à mettre bas un peu plus tôt (149 j) que les chèvres avec portés simples (151j) (Amoah *et al.* 1996). D'une manière générale, la durée moyenne de la gestation pour toutes les races de chèvres est 150 ± 2 jours exception faite chez la race Black Bengal chez qui la gestation dure 144 jours (Jainudeen *et al.*, 2000). C'est à la fin du troisième mois de gestation que le fœtus se développe rapidement et de point de vue taille, le chevreau est plus petit chez les primipares et chez les femelles âgées.

Le diagnostic de gestation chez la chèvre est basé sur le dosage des protéines associées à la gestation (PAG) détectables dès le 17^e -18^e jour après la conception (Gonzalez *et al.*, 1999 cité par Sousa *et al.*, 2004) ; l'échographie mode B réalisée à partir du 25^e jours par voie rectale et avec une moindre spécificité sur le dosage de la progestérone malgré sa précocité (dès les 21-22^e jours) (Gonzalez *et al.* 2004 cité par Sousa *et al.*, 2004).

Des cas de pseudogestation peuvent être observés chez la chèvre dans plusieurs situations. Elle s'observe la plus part du temps dans le mois qui suit la mise à la reproduction ; dans les mois qui suivent la mise-bas avant la mise à la reproduction mais aussi chez des chevrettes après leur 1^{ère} mise à la reproduction. De plus, un taux important de chèvres pseudogestantes au moment de la mise à la reproduction est observé chez un lot d'animaux inséminés après pose d'éponge (Duquesnel *et al.*, 1992).

3.4. Lactation chez la chèvre

Les glandes mammaires sont des glandes exocrines chargées d'élaborer le lait destiné à la nourriture du (ou des) nouveau-né. Contrairement à ce qui se passe chez la vache, la sécrétion du lait chez la chèvre est de type apocrine, c'est-à-dire elle se fait par décapitation du haut des lactocytes. Elles sont fonctionnelles à partir de la fin de la gestation et leur développement est dépendant des hormones génitales.

Après la parturition, dont le mécanisme est tout à fait identique à celui de la brebis, la chèvre entame la période de lactation proprement dite qui correspond à la durée pendant laquelle elle produit du lait. Cette période s'étant du moment où la chèvre met bas jusqu'au tarissement (sevrage des chevreaux) ou arrêt de la production laitière. Comparée à celle des vaches laitières, la courbe de lactation des chèvres est plus plate, avec un pic moins important et une plus grande persistance. Dans certains cas, la courbe de lactation peut avoir deux pics en raison des fluctuations saisonnières de la disponibilité des aliments. La durée de la lactation est de 236 jours chez les primipares et de 255 chez les adultes qui est corrélée avec une production laitière de 509 kg contre 685 kg chez l'adulte (Bouloc, 1992).

En Algérie, la durée de la lactation chez la chèvre Bedouine des zones arides est de 3 à 8 mois dont 41,7% des élevages présentent une période de lactation de 4 à 5 mois (Kouri *et al.*, 2014).

3.4.1. Morphologie et structure de la mamelle de la chèvre

La chèvre possède deux mamelles inguinales assez volumineuses, unies sur la ligne médiane, et pourvues chacune d'un trayon de forme conique avec un seul orifice (Derivaux et Ectors, 1980). La mamelle est constituée de trois sortes de tissus : du tissu glandulaire, du tissu conjonctif, plus ou moins adipeux et des vaisseaux et des nerfs (Soltner, 1993).

Le tissu glandulaire comprend les lobes glandulaires, formés de grappe de lobules ou acini comprenant chacun plusieurs acini ou alvéoles constitués de cellules épithéliales sécrétrices du lait et d'une membrane basale, et chaque acinus est entouré de fins capillaires

artériels et veineux, et de fibres musculaires lisses contractiles. Le lait produit va être exporté par les canaux galactophores dans la citerne de la mamelle ensuite dans le trayon avec à ce niveau un repli en forme d'anneau (repli annulaire) qui est très irrigué par des vaisseaux sanguins. Le trayon est protégé à son extrémité par un sphincter qui est beaucoup plus étroit chez la chèvre que chez la vache, et est tapissé de kératine protectrice (Figure 6). Ce sphincter entoure un conduit papillaire unique qui se termine au niveau de l'ostium papillaire (Barone 2001).

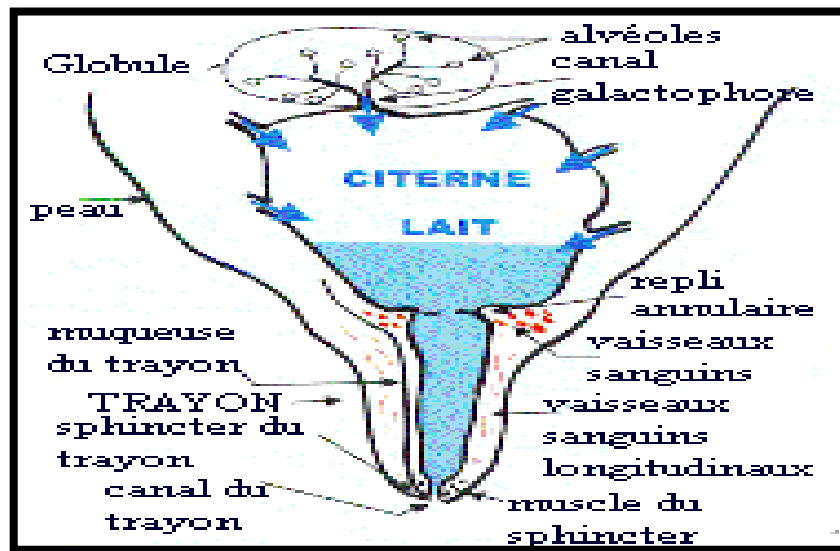


Figure 6: structure de la mamelle de la chèvre (Reveau *et al.*, 1998)

3.4.2. Physiologie de la lactation

La glande mammaire est un organe dont la structure et la fonction physiologique sont étroitement liées au système hormonal. Chez la femelle de mammifère y compris la chèvre, cette glande passe par deux étapes essentielles : l'étape de développement (mammogénèse) et l'étape d'activité sécrétoire comprenant la lactogénèse et la galactopoïèse.

3.4.2.1. Mammogénèse et son contrôle hormonal

Le développement de la mamelle passe par trois périodes essentielles :

- Période fœtale durant laquelle il y a apparition des premières ébauches mammaires donnant naissance à des canaux primaires qui s'arborisent en canaux secondaires.

- De la naissance à la puberté : caractérisée par une croissance isométrique jusqu'à 3 mois comportant l'arborisation lente des canaux et mise en place des autres tissus (conjonctif, adipeux et circulatoire) puis cette croissance devient allométrique pendant la période pré-

pubertaire (Sinha et Tucker, 1969; Tucker, 1981). A ce stade, le tissu sécrétoire ne comporte encore aucune alvéole.

-Pendant la première gestation : dès la puberté, les hormones ovariennes accélèrent la croissance de la glande mammaire et les canaux lactifères se développent (Tucker, 2000). C'est surtout au cours de la gestation et essentiellement à la fin de celle-ci que le tissu sécrétoire de la mamelle se développe (Martel et Houdebine, 1982). Le système lobulo-alvéolaire se met en place.

La mise en place du tissu mammaire est contrôlée par un complexe hormonal, préparant la sécrétion du lait, sans qu'elle ne démarre, faisant intervenir l'œstradiol (E2) en synergie avec l'hormone de croissance (GH) maternelle, l'hormone placentaire (PL), des glucocorticoïdes (Tucker, 2000), de la prolactine (PRL), de la progestérone (Tucker, 1981) et enfin de l'ocytocine. L'insuline et les facteurs de croissance de l'épiderme (EGF) agissent également sur le développement de la glande mammaire (Martel et Houdebine, 1982).

3.4.2.2. Lactogénèse ou déclenchement de la sécrétion lactée

Deux principales phases représentent la lactogénèse ; la première (Lactogénèse I) se déroule en fin de gestation et elle correspond à une différenciation des cellules alvéolaires (Delouis *et al.*, 1980 ; Fleming *et al.*, 1986) et l'installation du métabolisme mammaire entraînant de ce fait la synthèse et l'accumulation des précurseurs du colostrum (protéines, gouttelettes lipidiques et les électrolytes) dans la lumière des alvéoles. La deuxième phase (Lactogénèse II) consiste en la sécrétion abondante du colostrum puis du lait par les cellules sécrétrices (Delouis *et al.*, 1980 ; Fleming *et al.*, 1986).

La lactogénèse résulte d'un basculement hormonal mettant enjeu plusieurs hormones. Avant la parturition les œstrogènes stimulent la synthèse des caséines et augmentent le nombre des récepteurs de prolactine dans les cellules sécrétrices. La diminution du taux des œstrogènes et de la progestérone au moment de l'accouchement favorise la libération abondante de la PRL ; principale hormone de la mise en place de la lactation, et rendant la glande mammaire sensible à l'action des hormones lactogéniques : PRL et glucocorticoïdes (Derivaux et Ectors, 1980). Enfin l'ocytocine qui stimule les contractions des muscles lisses, notamment des cellules myoépithéliales de l'utérus et celles qui entourent l'acinus en induisant l'éjection du lait.

3.4.2.3. Galactopoïèse ou synthèse du lait et entretien de la sécrétion lactée

La galactopoïèse correspond au maintien de la sécrétion du colostrum ensuite du lait durant toute la période de la lactation. Le colostrum est sécrété au moment et dans les jours

qui suivent la parturition ; il se transforme en lait les jours suivant (Derivaux et Ectors, 1980). Le colostrum est une 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. Des facteurs individuels et environnementaux peuvent varier sa composition. Le colostrum a non seulement une valeur nutritive mais également une importance immunitaire. La composition du lait est différente de celle du colostrum.

3.4.2.3.1. Origine des constituants du lait

Le **lactose** du lait a pour origine le glucose sanguin qui est excessivement consommé non seulement pour la synthèse du lactose, mais aussi comme source d'énergie pour toutes les synthèses qui ont lieu dans les lactocytes. Les **protéines** sont synthétisées à partir d'acides aminés et de polypeptides libres dans le sang, ainsi que d'autres protéines sanguines (surtout les globulines). La synthèse des protéines du lait est contrôlée par la prolactine et les glucocorticoïdes en favorisant la transcription des gènes codant les protéines du lait, principalement la **caséine**. Il est à noter que certaines protéines peuvent passer par filtration sélective directement dans le lait, il s'agit bien de l'albumine, globulines, protéines sériques et même de l'azote non protéique. En ce qui concerne les **matières grasses**, ils sont essentiellement des triglycérides, esters de glycérol et d'acides gras. Le glycérol a pour origine le glucose sanguin tandis que les acides gras du lait ont deux origines : les acides gras volatils (AGV) et les acides gras à longue chaîne provenant de la digestion des matières grasses alimentaires et de la dégradation des réserves corporelles lipidiques (Soltner, 1993).

De point de vue composition, le lait de chèvre se rapproche plus du lait de vache que de celui de femme (Coveney et Darnton-Hill, 1985 ; Grandpierre *et al.*, 1988 cités par Desjeux, 1993). De plus, il existe des différences en fonction du génotype et de l'environnement (variation saisonnière, rôle de l'alimentation sur la composition lipidique) (Desjeux, 1993).

3.4.2.3.2. Contrôle hormonal de la galactopoïèse

Chez la majorité des animaux l'entretien de la sécrétion lactée résulte d'une action neuro-hormonale dont l'origine est l'excitation du trayon par la succion ou par la traite ou encore par la palpation du trayon. La transmission de l'influx nerveux jusqu'à l'hypothalamus puis l'hypophyse stimule cette dernière pour déverser dans le sang un complexe galactopoïétique d'hormones : la prolactine et l'hormone de croissance (GH) qui stimule la mobilisation des graisses corporelles, et favorise l'orientation des nutriments vers la mamelle (Derivaux et Ectors, 1980 ; Desjeux, 1993).

3.4.2.4. Tarsissement

Il marque la fin de la lactation. Il peut être progressif ; chez les femelles allaitantes, ou brusque chez les femelles laitières. Cette période correspond à l'involution de la glande mammaire, ce sont les lactocytes qui disparaissent les premières, puis les fibres myoépithéliales, les restes de lait sont résorbés tandis que les globules gras sont phagocytés par les macrophages qui envahissent la mamelle (Soltner, 1993).

Chapitre II

*Métabolisme et adaptations
métaboliques au cours de la gestation
et la lactation chez la chèvre*

Chapitre II

Métabolisme et adaptations métaboliques au cours de la gestation et la lactation chez la chèvre

1. Métabolisme énergétique

L'animal se procure l'énergie nécessaire à la couverture de ses dépenses d'entretien (maintien de l'intégrité des tissus, le fonctionnement de l'organisme, l'utilisation des aliments...) et de production (croissance, engraissement, gestation, lactation et le travail) en utilisant la matière organique digérée des aliments dans le rumen, l'intestin grêle et le gros intestin (Jarrige, 1988) ou ses propres réserves corporelles (en particulier les lipides) en cas de jeune ou de sous-alimentation (Vermorel, 1988). Les substrats énergétiques utilisés pour couvrir ces dépenses sont : les acides gras volatils (AGV), provenant de la digestion des glucides, qui fournissent de 64 à 75 % de l'énergie absorbée totale ; les acides aminés issus de la digestion des matières azotées et qui représentent de 15 à 28 % de l'énergie absorbée tandis que les acides gras longs provenant de la digestion des lipides alimentaires ou microbiens ne fournissent que 5 à 7 % de l'énergie absorbée. Enfin, le glucose représente généralement moins de 1 % de l'énergie absorbée (Vermorel, 1988).

1.1. Métabolisme des glucides

Les glucides sont des composants de la matière organique des aliments. Ils se divisent en deux grandes catégories selon leur localisation dans la cellule végétale : les glucides cytoplasmiques ou intracellulaires (sucres hydrosolubles, des grains d'amidon et des fructosanes) et les glucides pariétaux (polyosides : cellulose, les hémicelluloses et les substances pectiques) (Gadoud *et al.*, 1992). Les ruminants sont capables d'utiliser des hydrates de carbone complexes (amidon, cellulose et hémicellulose) par les microorganismes du rumen dont les produits terminaux sont des acides gras de courtes chaînes : acides gras volatils (AGV : essentiellement l'acide acétique ou acétate (C2), l'acide propionique ou propionate (C3) et l'acide butyrique ou butyrate (C4)) ; qui seront absorbés par la paroi de ce dernier et le gaz carbonique (CO₂) et le méthane sont rejetés (Payne, 1983).

Le métabolisme des glucides concerne essentiellement le glucose. Tant chez les ruminants que chez les monogastriques, le glucose joue un rôle essentiel dans l'organisme du

moment que son catabolisme oxydatif représente le principal pourvoyeur d'énergie des cellules.

Chez les ruminants, le glucose représente habituellement moins de 1 % de l'énergie absorbée et seulement de 2 à 4 % dans le cas des rations riches en céréales (Vermorel, 1988). De ce fait, les besoins en glucose sont très supérieurs aux quantités absorbées, notamment chez les femelles en fin de gestation et en lactation. L'organisme doit donc alimenter la respiration cellulaire, source d'énergie pour la cellule, à partir de composés autres que les hexoses (néoglucogenèse) (Gadoud *et al.*, 1992).

1.1.1. Néoglucogenèse

La néoglucogenèse se déroule essentiellement dans le foie à partir de substrats glucoformateurs, et à moindre degré au niveau rénal. Elle fournit environ 85 % du glucose total (Payne, 1983). Ces substrats entrent dans la voie de la néoglucogenèse au niveau du pyruvate (alanine, lactate, sérine, glycine), d'un intermédiaire du cycle de Krebs (propionate, glutamate, aspartate, proline, etc.) ou des trioses phosphates (glycérol) (Rémésy *et al.*, 1986)

Les principaux substrats glucoformateurs sont :

➤ Parmi les acides gras volatils, seul le propionate est glucoformateur ; il est normalement le principal précurseur du glucose endogène (Gadoud *et al.*, 1992) dont il contribue à la synthèse de 30 à 54 % du glucose nécessaire (Payne, 1983). Physiologiquement, plus de 90 % du propionate absorbé est capté par le foie à chaque passage sanguin (Bergman et Wolf, 1971). Au niveau de la mitochondrie de la cellule hépatique, le propionate est transformé en glucose via le succinyl coenzyme A en passant par le méthyl-malonyl CoA. La transformation de ce dernier en succinyl CoA est activée par une mutase qui a comme cofacteur la vitamine B12 (Rémésy *et al.*, 1986), et sa concentration dans la circulation générale est donc très basse (Payne, 1983). Le propionate ne semble pas être entièrement converti en glucose (de 40 à 60 % ; Young, 1977). Il est très intéressant pour l'engraissement, car il donne à la fois du glycérol et des acides gras (Gadoud *et al.*, 1992). Il agit comme agent anticétosique en portant à l'acétyl-coenzyme A d'être fortement utilisé par la voie de l'oxydation dans le cycle de Krebs, via l'oxaloacétate. En cas d'absence de ce dernier, l'acétyl-coenzyme A suit une autre voie pour former des corps cétoniques (Payne, 1983 ; Gadoud *et al.*, 1992). Cette déviation métabolique est un facteur fondamental dans la pathogénie de l'acétonémie (Payne, 1983).

➤ Le lactate ; à la différence du propionate, peut avoir une origine digestive ou métabolique. L'acide lactique peut provenir soit du glucose ou du propionate au niveau de l'intestin grêle et la paroi du rumen (20% du propionate sont transformé en acide lactique) (Rémésy *et al.*, 1986). Quelque soit le statut nutritionnel, le lactate ne fournit qu'un pourcentage réduit du glucose produit. Il contribue à former 15 % du glucose total. L'utilisation de l'acide lactique par le foie est souvent limitée par ses faibles concentrations sanguines. Parfois, le lactate s'accumule spontanément dans le sang en cas d'acidose digestive mais, vu la diminution de pH sanguin son utilisation hépatique est sans doute diminuée au niveau de la pyruvate carboxylase (Cohen *et al.*, 1976).

➤ Les acides aminés seront utilisés dans la néoglucogénèse en cas de déficit en propionate. Les acides aminés glucoformateurs peuvent avoir une origine digestive (digestion des protéines bactériennes) ou provenir de la mobilisation des protéines corporelles (Rémésy *et al.*, 1986) qui libère certains acides aminés ou aboutit à la production de l'alanine et de la glutamine. Les acides aminés captés par le foie ne sont pas nécessairement transaminés mais ils peuvent aussi être utilisés pour une protéosynthèse hépatique. Les acides aminés glucoformateurs en fournissent 25% du glucose total, ils viennent en deuxième position après le propionate dans le processus de la néoglucogénèse.

➤ Le glycérol, provenant du catabolisme des triglycérides (Gadoud *et al.*, 1992), est un excellent substrat pour la néoglucogénèse mais son utilisation hépatique est limitée par ses faibles concentrations sanguines sauf lorsque la lipomobilisation est intense. Le glycérol pourrait fournir plus de 10% du glucose (Bergman, 1983).

1.2. Métabolisme des lipides

1.2.1. Nature des lipides dans l'alimentation des ruminants

Les lipides sont présents en faible quantité dans l'alimentation des ruminants (2 à 5 % de la matière sèche (MS) de la plupart des aliments des ruminants) dont environ la moitié sous forme d'acides gras qui sont en général très désaturés avec en particulier des proportions élevées d'acide linoléique (18 : 2) et linoléique (18 : 3) (Sauvant, 1988). La nature des lipides dépend des différents constituants de la ration. Ainsi, les triacylglycérols ; à caractère majoritairement insaturé ; représentent les principaux constituants (98 %) de lipides des céréales, des protéagineux, des oléagineux et de leurs dérivés (les tourteaux). Par contre l'herbe et ses dérivés contiennent approximativement 3 % de lipides qui sont localisés

principalement dans les feuilles. Ils sont constitués de plus de 50 % de galactolipides et d'environ 25 % de phospholipides (Harfoot et Hazlewood, 1997 ; Sauvant *et al.*, 2002).

1.2.2. Métabolisme des lipides dans le rumen

Deux phénomènes concomitants caractérisent le métabolisme lipidique ruminal ; une lipolyse des triacylglycérols alimentaires suivie d'une hydrogénation des acides gras d'une part, et d'autre part une synthèse lipidique réalisée par les microorganismes du rumen.

1.2.2.1. Lipolyse et hydrogénation

Le rumen est le siège d'une activité lipolytique intense et rapide, s'exerçant à la fois sur les différentes catégories des lipides alimentaires (galactolipides, phospholipides et triglycérides), mais aussi sur d'autres substrats lipidiques tels que les esters de stérols. Les produits libérés de l'hydrolyse des lipides alimentaires sont des acides gras, du glycérol et du galactose. Ces derniers, sont rapidement fermentés en acides gras volatils (AGV), principalement en propionate et en butyrate (Tamminga & Doreau, 1991). Les microorganismes du rumen assurent une hydrogénation de la fraction insaturée des acides gras.

1.2.2.2. Origine des lipides microbiens

Les lipides microbiens peuvent avoir une origine endogène (synthèse *de novo*) ou provenir d'une source exogène (incorporation directe de molécules précurseurs préformées, éventuellement d'origine alimentaire). Les acides gras ramifiés sont synthétisés à partir des précurseurs ramifiés issus du métabolisme des acides aminés ramifiés (valine, leucine, isoleucine). Tandis que des précurseurs courts, tels que les AGV et le glucose seront utilisés pour la synthèse des acides gras à longue chaîne (Harfoot et Hazlewood, 1997 ; Sauvant & Bas, 2001). Les bactéries du rumen seraient également capables de synthétiser les acides gras monoinsaturés en C16 et C18 (Harfoot et Hazlewood, 1997). En ce qui concerne la synthèse *de novo* des acides gras microbiens à longue chaîne, son taux tend à diminuer lors d'une augmentation de la quantité de lipides ingérée.

1.2.2.3. Composition des lipides microbiens

Les microorganismes du rumen interviennent dans la détermination, en partie, de la composition des lipides disponibles pour l'animal hôte au niveau intestinal. Certains facteurs

peuvent varier le contenu et la composition en lipides et acides gras des bactéries ruminales à savoir la composition du régime — proportions fourrages/concentrés et type de fourrage — et la présence de suppléments en matières grasses (Bas *et al.*, 2003). Les lipides bactériens sont caractérisés par une composition en acides gras très spécifique. Les acides palmitique et stéarique représentent les 2 acides gras majeurs (approximativement 70 % des acides gras totaux) isolés. Les autres acides gras sont représentés par les AG monoinsaturés (7,2%), les AG branchés (8,7%) et les AG à nombre impair de carbone (4,4%). Il a été démontré chez le mouton que les protozoaires contenaient un taux élevé de phospholipides (85% environ), des acides gras non estérifiés (10%) et une quantité très limitée de mono-, di- et triacylglycérols. Par ailleurs, la concentration en acides gras est plus faible chez les protozoaires (2 à 4 % de la MS) (Sauvant et Bas, 2001).

1.2.3. Digestion et absorption intestinales des lipides

Au niveau du duodénum, il va y avoir l'action de la bile et les sécrétions pancréatiques (Harfoot, 1978). Ainsi, les sels biliaires vont assurer la solubilisation des acides gras dans les structures micellaires. En plus, les enzymes pancréatiques hydrolysent les phospholipides et les triacylglycérols d'origine microbienne en acides gras qui après une solubilisation dans la phase micellaire ils seront absorbés (Bauchart, 1993). Au niveau de la cellule absorbante, les AG libres dont le nombre d'atome de carbone est ≥ 12 , sont réestérifiés. Les lipides ainsi formés (triacylglycérols, phospholipides) sont incorporés au sein des chylomicrons, en même temps que les apolipoprotéines et le cholestérol. Quant aux AG à moins de 12 atomes de carbone, ils seront directement transportés jusqu'au foie à travers la veine porte (Hocquette et Bauchart, 1999).

1.2.4. Métabolisme hépatique des acides gras chez le ruminant

Après leur absorption, les lipides sont principalement transportés dans le sang à travers les lipoprotéines. Chez le ruminant, le niveau plasmatique des lipides totaux est variable en fonction du stade physiologique de l'animal et se situe approximativement entre 2,9 et 5,6 g/l (Raphael *et al.*, 1973; Wensing et, Van Dijk 1989). Elle est caractérisée par une très faible proportion de lipoprotéines riches en triglycérides — chylomicrons et lipoprotéines de très faible densité (VLDL) — et une proportion très élevée de lipoprotéines de haute densité, qui peut atteindre 80 % des lipoprotéines totales. Les phospholipides et le cholestérol estérifié

constituent approximativement 90 % du contenu lipidique plasmatique total, le cholestérol libre 8 % et les triacylglycérols 2 % (Raphael *et al.*, 1973).

Chez le ruminant, le foie est capable de sécréter également des VLDL, dont la fonction est de transporter les triacylglycérols endogènes dans le plasma et de délivrer les acides gras à longue chaîne d'origine endogène aux tissus périphériques. Toute fois, cette capacité est très limitée (Kleppe *et al.*, 1988 ; Pullen *et al.*, 1990). Ainsi, le faible niveau d'exportation hépatique des triacylglycérols dans ces lipoprotéines (VLDL), prédispose l'animal se trouvant en bilan énergétique négatif à la stéatose hépatique associée à une chute du taux sanguin des triglycérides (Reid et Roberts, 1983), comme cela peut être le cas de la vache laitière en début de lactation par exemple.

Pour les AG ; ceux-ci sont métabolisés au niveau hépatique selon 3 voies métaboliques distinctes : la sécrétion des AG dans la bile, leur oxydation, ou encore leur estérification en triacylglycérols (Hocquette et Bauchart, 1999). Le foie métabolise principalement les acides gras longs liés à la fraction albumine (Bell, 1981). Les acides gras libres sont activés en acyl CoA après leur transfert à l'intérieur de la cellule hépatique, ensuite ils sont dirigés soit vers la synthèse des triglycérides ou des phospholipides par l'intermédiaire d'une glycérol phosphate acyl transférase, soit vers l'utilisation par les mitochondries (β oxydation) par l'action d'une carnitine acyl transférase I (Rémésy *et al.*, 1986).

2. Adaptations du métabolisme énergétique durant la gestation et la lactation chez les ruminants

Le glucose est un nutriment principal pour la croissance du concept et la synthèse du lait. En fin de gestation ou en début de lactation les besoins en glucose sont très élevés et ne peuvent pas être couverts totalement par l'alimentation (Bergman, 1983 ; Rémésy *et al.*, 1986 ; Bell, 1995; Sadjadian *et al.*, 2013) car les ruminants obtiennent très peu de glucose provenant de cette dernière (Bergman, 1983). Dans ces conditions, la disponibilité en glucose peut être un facteur limitant pour la croissance fœtale, la production laitière ou l'anabolisme corporel (Rémésy *et al.*, 1986).

Pendant la gestation, les fœtus et les produits de conception présentent une croissance exponentielle du poids et des besoins. Cependant, il a été observé qu'au cours des dernières semaines précédant la mise bas, les chèvres Alpines gagnent en moyenne 1,5 kg de poids vif par semaine, alors que l'apport total en matière sèche est relativement constant. De ce fait, la

consommation volontaire de matière sèche ou d'énergie, exprimée en poids vif, diminue au cours des dernières semaines de gestation (Morand-Fehr et Sauvant, 1978)

Face à cette situation, une adaptation homéorétique s'installe en diminuant l'anabolisme du tissu adipeux (Chilliard *et al.*, 1977), en augmentant la mobilisation des réserves corporelles surtout lipidiques (Chilliard *et al.*, 1983 ; Chilliard,1985) et la néoglucogénèse hépatique et en diminuant l'utilisation du glucose par le tissu périphérique (Bell, 1995; Sadjadian *et al.*, 2013).

Ainsi, chez une brebis gravide normalement alimentée, la mobilisation des lipides corporels n'aura lieu que durant le dernier tiers de la gestation et lorsqu'elle porte plusieurs fœtus. En cas de sous alimentation, la mobilisation peut atteindre plus de 50% de ses réserves lipidiques. Chez les petits ruminants, une forte néoglucogénèse est nécessaire donc durant la fin de la gestation (Prior et Christenson, 1978 ; Hay *et al.*,1983) et le début de lactation (Young,1977).

Le début de la lactation s'accompagne de bouleversements métaboliques, avec mise en place de mécanismes « téléophorétiques » (Bauman et Curie, 1980, cité par Chilliard, 1993) qui orientent de manière préférentielle les flux de métabolites vers la glande mammaire (Chilliard *et al.*,1987). Les adaptations métaboliques des tissus adipeux sont étroitement liées aux variations du bilan énergétique des animaux. La lipomobilisation est assez bien liée à l'exportation d'énergie dans le lait chez les animaux alimentés en quantités limitées et elle contribue pour 80% à la couverture du déficit énergétique et pour 25 à 75% à l'énergie nécessaire à la production laitière (Vermorel *et al.*,1985). Cette lipomobilisation est variable selon le stade de lactation, le niveau de production et le niveau d'ingestion de la femelle (Chilliard *et al.*, 1983) .Chez la brebis, en début de lactation, elle est fortement liée au nombre d'agneaux allaités ou au niveau de production laitière, au niveau alimentaire et à l'état d'engraissement initial des brebis, ainsi qu'à la saison (Chilliard *et al.*, 1987). Les femelles fortes productrices sont en effet successivement en période de bilans négatifs et positifs (Chilliard, 1986 Ratte), du fait que le niveau d'ingestion ne s'adapte qu'avec un temps de retard aux variations de leurs besoins. Le tissu adipeux peut se trouver donc en état catabolique ou anabolique durant la première moitié de la lactation, selon les facteurs influençants pré-cités (Chilliard *et al.*, 1987) qui déterminent l'intensité et la durée des variations quantitatives des lipides corporels chez les ruminants.

Chez les femelles allaitantes, la reconstitution des réserves s'effectue essentiellement après le sevrage, mais aussi en grande partie pendant la phase descendante de la lactation chez

la vache laitière (Chilliard *et al.*, 1987a, Chilliard *et al.*, 1987b). Alors, la lipogenèse de *novo*, le prélèvements des triglycérides sanguins et l'estérification des acides gras, et les activités des enzymes qui les contrôlent, sont toutes fortement réduites en début de lactation et réactivées après le sevrage ou en fin de lactation lorsque l'animal reconstitue ses réserves (Chilliard *et al.*, 1991 ; Smith & Walsh, 1988). Simultanément, les libérations de glycérol et des acides gras libres sont élevées en début de lactation chez la vache et la brebis, et tendent à rester élevées, ou parfois à s'accroître, pendant toute la lactation (Chilliard, 1987).

2.1. Adaptations du métabolisme énergétique durant la gestation et la lactation chez la chèvre

La chèvre gestante a tendance à commencer la mobilisation de ses réserves corporelles avant la parturition en raison du développement du (ou des) fœtus et de la réduction de sa capacité d'ingestion (Morand-Fehr et Sauvant, 1978). Après la mise-bas, bien que le niveau d'ingestion s'élève, cette augmentation est insuffisante pour couvrir l'accroissement très rapide des besoins de production en début de lactation. En conséquence, l'anabolisme du tissu adipeux est régulièrement diminué à partir de la 12^e semaine avant la parturition (Chilliard *et al.*, 1977) et la mobilisation des réserves, en particulier les réserves adipeuses, est intense pendant les 4 à 8 premières semaines de lactation selon les niveaux de production laitière et d'ingestion (Morand-Fehr et Sauvant, 1988) comme l'indiquent les concentrations plasmatiques élevées d'acides gras non estérifiés (AGNE) et de bêta-hydroxybutyrate (Sauvant *et al.*, 1991). En mesurant *in vivo* la vitesse d'entrée du glycérol et des acides gras libres, Dunshea *et al.* (1990) observent chez la chèvre que la vitesse d'entrée des acides gras diminue lorsque la lactation avance, alors que la vitesse d'entrée du glycérol augmente, ce qui suggère aussi que la réestérification joue un rôle primordial dans la régulation de la lipomobilisation. Le renouvellement du tissu adipeux est élevé chez la chèvre recevant en pleine lactation un régime en concentré favorisant la lipogenèse corporelle (Madsen, 1985 cité par Chilliard, 1993).

En résumé, les modifications observées en début de lactation se traduisent donc chez les ruminants, principalement par une réduction des utilisations d'acétate, de glucose et de triglycérides plasmatiques par le tissu adipeux, et par une entrée accrue de glycérol et d'AGNE dans le compartiment sanguin. Chez les ruminants, les tissus adipeux sous-cutanés semblent être plus rapidement sollicités que les tissus adipeux viscéraux et surtout intermusculaires (Chilliard, 1987).

La mobilisation lipidique est associée à des modifications hormonales: l'hormone de croissance et probablement le lactogène placentaire l'améliore, tandis qu'un manque d'insuline entraîne une augmentation de la formation du foie gras et des corps cétoniques (Sauvant *et al.*, 1991). L'augmentation de la sécrétion d'hormone de croissance (GH) généralement associée à la dénutrition, et en particulier au début de la lactation, est également importante car cette hormone téléophrétique diminue considérablement la réponse du tissu adipeux à l'effet lipogénique de l'insuline (Bauman & Vernon, 1993).

2.1.1. Déviations métaboliques : stéatoses, cétozes et toxémie de gestation

La période fin de gestation-début de lactation est délicate, car la chèvre est alors exposée à des déviations métaboliques qui peuvent aboutir à des toxémies de gestation, à des cétozes (Morand-Fehr & Sauvant, 1980), ou à des stéatoses (Vermorel, 1988).

Ce trouble métabolique (cétoze et toxémie de gestation) observé chez la chèvre est tout à fait comparable à celui de l'acétonémie de la vache laitière. Il est lié à une demande très élevée en glucose (Payne, 1983). Pour couvrir leurs dépenses énergétiques en fin de gestation, Les chèvres portant plusieurs fœtus doivent puiser dans leurs réserves corporelles. Ces fœtus utilisent également des quantités importantes de glucose d'origine maternel pour leur métabolisme et leur croissance. De ce fait, le déficit énergétique de l'organisme de leur mère s'accompagne d'une carence en glucose. La même situation s'observe chez les chèvres fortes productrices en début de lactation car la glande mammaire draine des quantités très importantes d'énergie et de glucose. Face à ce déficit en glucose la mobilisation des lipides corporels s'intensifie donc en libérant ainsi les acides gras longs qui ne sont pas assez rapidement utilisés comme sources d'énergie ou transportés vers la glande mammaire (Rémésy *et al.*, 1986). Leur accumulation sous forme de graisse dans le foie (stéatose) va réduire les capacités de détoxification de ce dernier. De l'autre côté, les acides gras longs vont subir également une dégradation massive en corps cétoniques et l'accumulation de ces derniers développe les toxémies de gestation et les cétozes chez les femelles en lactation. En effet, une partie des corps cétoniques est transformée en acétone rejetée dans l'urine, le lait et l'haleine (Vermorel, 1988). L'élévation des corps cétoniques s'accompagne généralement d'une hypoglycémie, d'une réduction de l'utilisation périphérique de corps cétoniques et de l'acétate (Rémésy & Démigné, 1979). Cette déviation métabolique est stimulée au niveau hépatique par une élévation du rapport glucagon/insuline rencontré dans ces situations physiologiques (Gow *et al.*, 1981). L'acétonémie est donc la conséquence d'un déséquilibre

nutritionnel provoquant simultanément une forte lipomobilisation et une carence relative en composés glucoformateurs.

3. Métabolisme des composés azotés

Le métabolisme des composés azotés chez les animaux est en grande partie lié aux processus d'anabolisme et de catabolisme des acides aminés et des protéines (Kaneko *et al.*, 2008).

3.1. Origine des acides aminés sanguins

Les acides aminés constituent pratiquement la seule forme azotée utilisable par l'organisme pour son métabolisme azoté (Verite & Peyraud, 1988). Les acides aminés libres du sang proviennent de la digestion des composés azotés dans le tractus digestif (Payne, 1983) et du catabolisme des protéines (Grizard *et al.*, 1988). Ils seront directement utilisables par l'animal, soit pour la synthèse des protéines soit ils sont dégradés. En plus, certains acides aminés sont synthétisés au niveau du foie. Chez les ruminants, les acides aminés absorbés proviennent surtout de la digestion des protéines microbiennes (Grizard *et al.*, 1988).

Le flux total d'acides aminés, est par définition, égal à la somme des quantités catabolisées, excrétées ou utilisées pour la synthèse des protéines. Dans toutes les espèces, la synthèse protéique et le catabolisme des protéines sont les composantes dominantes du flux total (environ 80 % chez l'adulte à l'entretien) (Grizard *et al.*, 1988).

Au cours du dernier tiers de la gestation, la fixation des protéines dans l'organisme (foetus, enveloppes, utérus) est importante alors que les apports alimentaires sont ralentis en raison de la diminution de la consommation volontaire (Owens & Zinn, 1988).

3.2. Absorption des produits de la digestion des matières azotées

Les matières azotées représentent de 5 à 60 % de MS des aliments ; majoritairement des protéines, mais aussi des polypeptides de taille réduite, des acides aminés libres et des amides (Sauvant, 1988). Les caprins sont plus aptes que les ovins à utiliser des fourrages riches en parois et de faible teneur en azote. Dans ce dernier cas, les chèvres présentent un temps de rétention dans l'appareil digestif plus élevé, une plus grande concentration de bactéries cellulolytiques dans le rumen et un recyclage plus efficace de l'urée sanguine (Tisserand *et al.*, 1991).

Les protéines ingérées par les ruminants sont décomposés au niveau du rumen par les bactéries en acides aminés dont la fonction amine est rapidement transformée en ammoniacque. En règle générale, 50 à 80 % de l'azote alimentaire sont dégradés dans le rumen et transformés en composés azotés microbiens (Payne, 1983).

3.2.1. Dégradation des composés azotés dans le rumen

Les protéines sont hydrolysées en peptides qui sont ensuite dégradés en acides aminés. Ces derniers sont désaminés en ammoniacque et en acides gras volatils (Jarrige *et al.*, 1995). Lorsque la production d'ammoniacque dépasse son utilisation par les micro-organismes, ce composé azoté passe par la paroi du rumen où une partie est transformée en urée, et la plus grande quantité est véhiculée par le système porte jusqu'au foie où le NH₃ est transformé en urée (cycle de Krebs-Hansleit). La concentration sanguine de l'urée (normalement : 10-20 mg/100 ml) dépend donc de l'apport azoté de la ration alimentaire. Le recyclage de l'urée est essentiel au bon fonctionnement du rumen dans le cas de rations carencées en azote. L'urée sanguine peut revenir au rumen soit par diffusion directe à travers sa paroi, soit par l'intermédiaire de la salive. Des uréases d'origine microbienne hydrolysent très rapidement l'urée recyclée dans le rumen en ammoniacque qui redevient disponible pour la synthèse des protéines bactériennes. Au cours des périodes de disette, l'urémie augmente à cause du catabolisme tissulaire et cette urée est recyclée dans le rumen pour être utilisée par les bactéries.

3.2.2. Synthèse microbienne des constituants azotés

Les micro-organismes (bactéries, protozoaires et champignons) du rumen assurent la synthèse de *novo* d'acides aminés. Les protozoaires incorporent en majorité une petite fraction des acides aminés fournis par la prédation des bactéries, tandis que la plus grande partie des acides aminés bactériens est synthétisée à partir de l'ammoniacque et de chaînes carbonées. Une fois fixée sous la forme d'une amine, l'azote est transféré dans le pool d'acides aminés par des réactions de transamination (Jarrige *et al.*, 1995).

3.3. Adaptations du métabolisme protéique durant la gestation et la lactation chez le ruminant

La lactation des ruminantes à potentiel laitier élevé se traduit par des exportations de très grandes quantités de protéines dans le lait ; il y a une augmentation du flux total de la

synthèse protéique (Bryant et Smith, 1982). Pendant les premières semaines, il y a par ailleurs un net déficit dans les apports d'acides aminés alimentaires car la consommation des animaux est limitée. La compensation de ce déficit est assurée donc par la mobilisation des protéines corporelles qui est quantitativement moins importante que celle des lipides (Oldhman, 1984 ; Chilliard, 1987). Il existe au début de lactation un mécanisme d'adaptation qui privilégie le fonctionnement de la glande mammaire par un processus d'épargne de l'utilisation des acides aminés pour la synthèse protéique dans d'autres tissus et organes tels que la peau, la carcasse et certains muscles (Champredon *et al.*, 1986; Grizard *et al.*, 1988). La lactation entraîne une très forte augmentation des flux d'acides aminés à la suite de leur prélèvement intense par la glande mammaire. L'apport d'acides aminés à la glande mammaire pourrait être favorisé par une baisse de l'utilisation extra-mammaire de ces derniers, provoquée par une réduction de la synthèse protéique dans des tissus comme le muscle. La diminution de l'insulinémie aussi bien que la diminution de la capacité de l'insuline à agir sur les tissus pourrait expliquer cette adaptation (Grizard *et al.*, 1988).

Durant les deux premiers mois de lactation, une vache haute productrice correctement alimentée peut mobiliser sans dommage jusqu'à 10 Kg de protéines corporelles permettant ainsi la synthèse protéique d'environ 200 Kg de lait (Chilliard *et al.*, 1987a). Il est à noter qu'en pleine lactation, le dépôt des protéines corporelles est prioritaire sur celui des lipides chez les vaches primipares, dont la croissance n'est pas encore achevée (Verite et Chilliard, 1992). Le métabolisme protéique musculaire a été peu étudié. Chez la chèvre en lactation, en utilisant la méthionine Champredon *et al.* (1990) ont constaté que la protéosynthèse diminue dans les tissu autres que le tissu mammaire, notamment dans la peau, la carcasse et les muscles masseter et longissimus dorsi (exception faite pour le muscle tensor fasciae latae). En revanche, Riis (1988) cité par Chilliard (1993), utilisant la leucine chez la chèvre en début de lactation, ont rapporté soit des augmentations, soit des diminutions, simultanées de la protéosynthèse et de la protéolyse extra-mammaire, selon le niveau énergétique de la ration ; élevée ou faible. Donc, au début de lactation, le métabolisme musculaire de l'animal est modifié au point qu'il puisse épargner et/ou mobiliser des acides aminés au profit des autres organes. Cela est important chez le ruminant où il y a une difficulté à satisfaire ses besoins en raison des limitations de la capacité d'ingestion et des interactions énergie-azote dans le rumen (Chilliard, 1993).

4. Métabolisme des minéraux

4.1. Métabolisme du calcium et du phosphore

4.1.1. Localisation et rôles physiologiques du calcium et du phosphore dans l'organisme du ruminant

Le calcium et le phosphore représentent plus des trois quarts de l'ensemble des éléments minéraux. Leur localisation est principalement osseuse : 70 à 80 % du phosphore et 99 % du calcium (rapport Ca :P est 2.2 :1); le reste du calcium est essentiellement présent dans le sang sous deux formes : une forme ionisée, biologiquement active ; et la forme non ionisée principalement liée aux protéines (globuline mais surtout albumine) et à moindre degré aux acides organiques (citrate) et inorganiques (sulfate, phosphate), constituant une réserve utilisable (Meschy, 2010). En plus de son implication dans le métabolisme osseux en association avec le phosphore, le calcium est responsable du déclenchement de la contraction et du relâchement des fibrilles musculaires, et il joue un rôle essentiel dans le processus de la coagulation sanguine, et dans le déclenchement de la réponse immunitaire (Underwood & Suttle, 1999). Le phosphore extra-osseux est réparti entre tissus musculaire, nerveux et splanchnique. Le taux du phosphore inorganique plasmatique varie de 40 à 80 mg/L. En plus de sa fonction structurelle et métabolique dans le métabolisme osseux, le phosphore joue un rôle essentiel dans l'activité des micro-organismes (Jouany *et al.*, 1995) ; et intervient dans toutes les réactions métaboliques (McDowell, 2003). Le phosphore contenu dans la salive est particulièrement important. C'est un constituant du tampon phosphate pour le contrôle du pH ruminal (Payne, 1983). Egalement le phosphore peut influencer les performances de reproduction (McClure, 1994 Cité par Meschy, 2010) ; où une carence peut jouer un rôle indirect sur le déclenchement des troubles de la reproduction (Monget *et al.*, 2004).

4.1.2. Composition phosphocalcique des aliments des ruminants

Les légumineuses contiennent des teneurs élevées en calcium par rapport aux graminées et prairies naturelles ; en revanche la teneur en phosphore est très rapprochée entre les principales familles de fourrages. Les aliments concentrés se caractérisent par des valeurs faibles en calcium et élevées en phosphore à l'exception des pulpes de betteraves et d'agrumes et des tourteaux de colza et de sésame (INRA, 2007). Les chèvres au pâturage développent rarement une carence en phosphore en raison de leur tendance à parcourir des plantes variées et riches en phosphore (Smith and Sherman, 2009).

4.1.3. Absorption et excrétion du calcium et du phosphore

L'absorption du calcium et du phosphore est principalement intestinale (Intestin grêle), mais ils peuvent être absorbés ou excrétés par la paroi du rumen. L'excrétion du phosphore est majoritairement fécale (90-95 % de l'excrétion totale). La voie urinaire est également importante lorsque la proportion d'aliments concentrés dans la ration est élevée sans que l'apport de phosphore ne soit particulièrement excessif (Pfeffer *et al.*, 2005). L'absorption du phosphore peut être fortement réduite par la formation de phosphates insolubles de fer ou d'aluminium dans le tube digestif. La concentration sérique normale du phosphore est approximativement 4.2 à 9.8 mg/dl pour les chèvres adultes et de 8.3 à 10.3 mg/dl pour les jeunes chèvres (Sherman & Robinson, 1983 cités par Smith et Sherman, 2009). Selon Sevilla et Ternouth (1981), un excès de calcium amplifie les effets de la carence en phosphore. En ce qui concerne l'absorption du calcium par la paroi du rumen, elle est dépendante de certains facteurs. Elle est fortement liée à la concentration en calcium ionisé dans le milieu (Beardsworth *et al.*, 1989), au niveau (Schroder *et al.*, 1997) et à la nature (Meschy, 2010) d'apport calcique; et est favorisée par une concentration de phosphate de l'ordre de 15 mmol/L (Care *et al.*, 1989 cité par Meschy, 2010) et aussi par la présence de chlore et d'acides gras volatils (Leonard-Marek, 2007). Le coefficient d'absorption réelle du phosphore chez les chèvres semble être plus élevée que chez les brebis (Meschy, 2000 ; NRC 2007). Les chèvres recyclent efficacement le phosphore par la salive (NRC 2007). L'absorption intestinale du calcium est réalisée selon un mécanisme de simple diffusion, mais en cas d'un faible apport alimentaire ou d'une importante demande tissulaire (début de lactation); le transport actif devient particulièrement important (Meschy, 2010).

Cette absorption est régulée par le 1,25-dihydroxycholecalciferol, qui est synthétisée au niveau des reins à partir de la vitamine D. La parathormone augmente l'ostéolyse tandis que la calcitonine la diminue (Kessler, 1991). Ces hormones sont à leur tour régulées par la calcémie dont la valeur normale chez la chèvre est approximativement de 9 à 11.6 mg/dl (Smith and Sherman, 2009). La principale voie d'élimination du calcium chez le ruminant est la voie fécale par contre la voie urinaire est très faible et n'est liée ni au niveau d'ingestion ni à la concentration plasmatique en calcium, comme c'est le cas du phosphore.

4.1.4. Homéostasie phosphocalcique

L'homéostasie phosphocalcique est contrôlée par un système hormonal comprenant : le dérivé actif de la vitamine D₃ (1,25-dihydroxycholecalciférol ou calcitriol), la parathormone (PTH) et la calcitonine (CT) (Morand-Fahr, 1991). Chacune de ces hormones est sensible aux

variations de la calcémie. Le calcitriol favorise avec la PTH, la résorption osseuse et la réabsorption tubulaire (Horst *et al.*, 1997). La PTH augmente la calcémie et diminue la phosphatémie par l'inhibition de la réabsorption rénale des phosphates. La CT est hypocalcémiant et hypophosphatémiant. Ainsi, le facteur déclenchant de la régulation du métabolisme phosphocalcique sont les variations de la calcémie, les modifications des flux de phosphore n'en sont que la conséquence (Meschy, 2010).

4.1.5. Adaptations du métabolisme phosphocalcique durant la gestation et la lactation chez le ruminant

L'organisme animal dispose de divers mécanismes adaptatifs pour couvrir ses besoins en minéraux lors d'une insuffisance passagère de l'apport alimentaire, et en cas de forte augmentation des besoins (fin de gestation et début de lactation) ; il peut aussi faire appel à ses réserves minérales, surtout osseuses pour le phosphore et le calcium.

L'accrétion insuffisante de calcium au début de la gestation peut conduire à une perte nette de calcium squelettique maternel plus tard dans la gestation (Barlet, 1974). De plus, la sécrétion des minéraux du lait est très importante et comprend jusqu'à 60 g/j de calcium chez la vache en début de lactation (Horst, 1986 cité par Chilliard, 1993). Pendant la lactation, l'absorption intestinale du calcium augmente proportionnellement à la sécrétion journalière de calcium, mais elle n'arrive pas à couvrir le besoin, alors les animaux mobilisent leur calcium osseux ainsi que d'autres minéraux. Cette mobilisation représente 20 % environ des minéraux du squelette chez la brebis en fin de gestation et en début de lactation (Barlet, 1985). De l'autre côté, la calcitonine élevée en fin de gestation et pendant la lactation (Barlet, 1974) prévient une déminéralisation excessive et limite la sécrétion de prolactine. Cette dernière stimule, chez la brebis gestante, l'absorption intestinale et le transfert placentaire du calcium (Barlet, 1985) ; en plus elle modifie la synthèse ou la sécrétion de 1,25 -DHD ou de PTH (Raymond, 1985).

La mobilisation inéluctable notamment chez les fortes laitières, doit être compensée par un apport alimentaire suffisant en seconde partie de lactation, où l'exportation minérale dans le lait est moindre ce qui va permettre la reconstitution des réserves minérales osseuses (Gueguen *et al.*, 1988). Il s'agit d'une adaptation physiologique normale qui suppose la constitution d'un stock minéral suffisant lors des premières lactations (primipares) (Meschy, 2010). Néanmoins, en temps normal, la plupart des animaux arrivent à ajuster leur métabolisme minéral en fonction de circonstances variées (Payne, 1983).

En cas d'une perturbation de l'homéostasie calcique, la femelle animale peut développer la fièvre de lait qui est associée à une forte excrétion de calcium dans le lait au début de la lactation (Jönsson, 1979; Barlet, 1984 cités par Kessler, 1991). Ce désordre métabolique peut apparaître chez la chèvre laitière (Kessler, 1981 cité par Kessler, 1991 ; Payne, 1983), et il survient une semaine avant et trois semaines après la mise-bas. Elle est due à un retard dans la mise en place des mécanismes de mobilisation du calcium osseux. Ce phénomène résulterait d'une insensibilité tissulaire de l'os (Ramberg *et al.*, 1984) et de l'intestin (Chilliard, 1993) aux hormones homéostatiques.

4.2. Métabolisme du magnésium

4.2.1. Localisation et rôle physiologique

Approximativement 60 à 70 % du magnésium corporel est déposé dans l'os (Meschy, 2010), 37% dans les cellules et 1% dans les fluides extracellulaires (Stellata *et al.*, 2008 cité par Smith and Sherman, 2009). Le magnésium assure des fonctions structurelle et fonctionnelle dans le tissu osseux (Meschy, 2010). De nombreuses enzymes impliquées dans le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines sont activées par les ions Mg. De plus, le magnésium joue un rôle important dans l'activité neuromusculaire.

4.2.2. Absorption, excrétion et homéostasie

Le site principal d'absorption de Mg est le rumen chez le ruminant adulte (Kessler, 1991) et dans l'intestin grêle chez le jeune (NRC, 2007). Les conditions physico-chimiques du rumen peuvent intervenir largement dans l'efficacité de l'absorption du magnésium ; soit en augmentant l'absorption de ce dernier dans le rumen (concentration des acides gras volatils, une complémentation glucidique de nature diverse, le phosphate) (Meschy, 2010), soit en la diminuant (augmentation de la concentration intraruminale de potassium ou la diminution de celle en sodium) (Jarrige *et al.*, 1995). Il existe un effet négatif de concentrations élevées d'azote ammoniacal dans le rumen sur l'absorption du magnésium, mais il pourrait être limité aux périodes postprandiales où l'ammoniogénèse est la plus intense (Meschy, 2010). Il n'y a pas de résultats de recherche disponibles sur l'absorption réelle de Mg par la chèvre (Kessler, 1991). De grandes variations (18 à 57%) ont été observées dans l'absorption apparente (Kessler, 1981). Meschy et Corrias (2005) ont proposé des équations de régression de l'absorption apparente du magnésium en fonction de la teneur globale en potassium en g/kg MS des rations différentes pour les bovins et pour les ovins par contre celle des caprins n'a

pas pu être établie par manque de données. Néanmoins, Schoneville *et al.* (1997) indiquent que le caprin présente un comportement voisin de celui du bovin.

Contrairement aux Ca et P, rien n'indique que le métabolisme du Mg soit contrôlé ou régulé par des hormones. Le rein est d'une grande importance pour l'excrétion de Mg absorbé. Selon le niveau d'ingestion de Mg, le rein excrète une quantité plus ou moins importante de Mg par l'urine (Kessler, 1991) qui ne devenant significative qu'à partir d'une concentration plasmatique voisine de 18 mmol/L (Chicco *et al.*, 1972, cité par Meschy, 2010).

En cas de carence alimentaire, le jeune peut mobiliser environ 30 % de ses réserves osseuses (Simenson, 1970 cité par Meschy, 2010), l'adulte en est pratiquement incapable (Payne, 1983 ; Meschy, 2010). La chèvre peut compenser quelque peu une carence alimentaire en magnésium en diminuant la production de lait et d'urine (Smith and Sherman, 2009).

4.3. Métabolisme du sodium, potassium et du chlore

Alors que le potassium (K) est principalement intracellulaire, le sodium (Na) et le chlore (Cl) sont principalement extracellulaires. Les rôles des deux électrolytes K et Na sont le maintien de la pression osmotique dans les fluides corporels, la régulation du métabolisme acido-basique de l'organisme et le maintien des potentiels à travers les membranes cellulaires (excitation neuromusculaire). Le potassium est le principal cation intracellulaire dans les tissus de la chèvre (Smith and Sherman, 2009). La pompe sodium-potassium régule les principaux flux d'entrée (glucose, acides aminés, phosphate) et de sortie (hydrogène, calcium, bicarbonates, potassium, chlore) au niveau cellulaire. Le potassium et le sodium semblent être absorbés tout au long du tractus digestif avec une efficacité d'absorption de 90 à 95 % pour le potassium (McDowell, 2003) et de 90 % en moyenne pour le sodium et le chlore (Meschy, 2010).

La régulation des métabolismes K et Na est principalement basée sur l'hormone l'aldostérone. Les quantités de K et de Na qui ne sont pas retenues sont principalement excrétées dans l'urine (Kessler, 1991) de même que pour le Cl (Meschy, 2010). Il n'existe pas de véritable stockage du potassium dans l'organisme, ce qui souligne la nécessité d'un apport alimentaire régulier (Meschy, 2010). Le K est normalement présent en abondance dans les régimes à base de fourrage et est bien absorbé ; les régimes ordinaires sont plus susceptibles de manquer de sodium que de chlorure (Smith and Sherman, 2009).

4.4. Métabolisme du fer

La majeure partie du fer (Fe) est liée à l'hémoglobine et, dans une moindre mesure, à la myoglobine. Le fer est principalement stocké dans le foie, dans la rate et dans la moelle osseuse sous forme de ferritine et d'hémosidérine. Bien qu'il soit un oligo-élément, le Fe est un composant de diverses enzymes telles que cytochrome oxydase et peroxydases. Il joue un rôle important dans la liaison et le transport de l'oxygène moléculaire et dans la résistance aux infections. Le Fe alimentaire est absorbé dans le duodénum dans une mesure limitée, la régulation de l'homéostasie se produit principalement au niveau de l'absorption (bloc muqueux), et est transportée dans le sang par la transferrine. Comme le fer ne peut être excrété que de manière limitée par l'organisme, l'homéostasie se régule principalement au niveau de l'absorption (bloc muqueux) (Kessler, 1991).

Partie

Expérimentale

Matériel
et
Méthodes

Matériel et Méthodes

1. Lieu d'étude

Le présent travail a été réalisé au sein de la ferme Maameri dans la région de Touzeline à 20 Km de la wilaya d'Oum El Bouaghi (35° 52 '39 " N, 7°6 '49 " E) à une altitude de 902 m au Nord-est de l'Algérie (Figure 7). Cette région est considérée comme une zone semi-aride, son climat est caractérisé par des étés chauds et des hivers froids et secs. La température moyenne annuelle à Oum El Bouaghi est de 13,4° C et les précipitations moyennes sont de 475 mm.

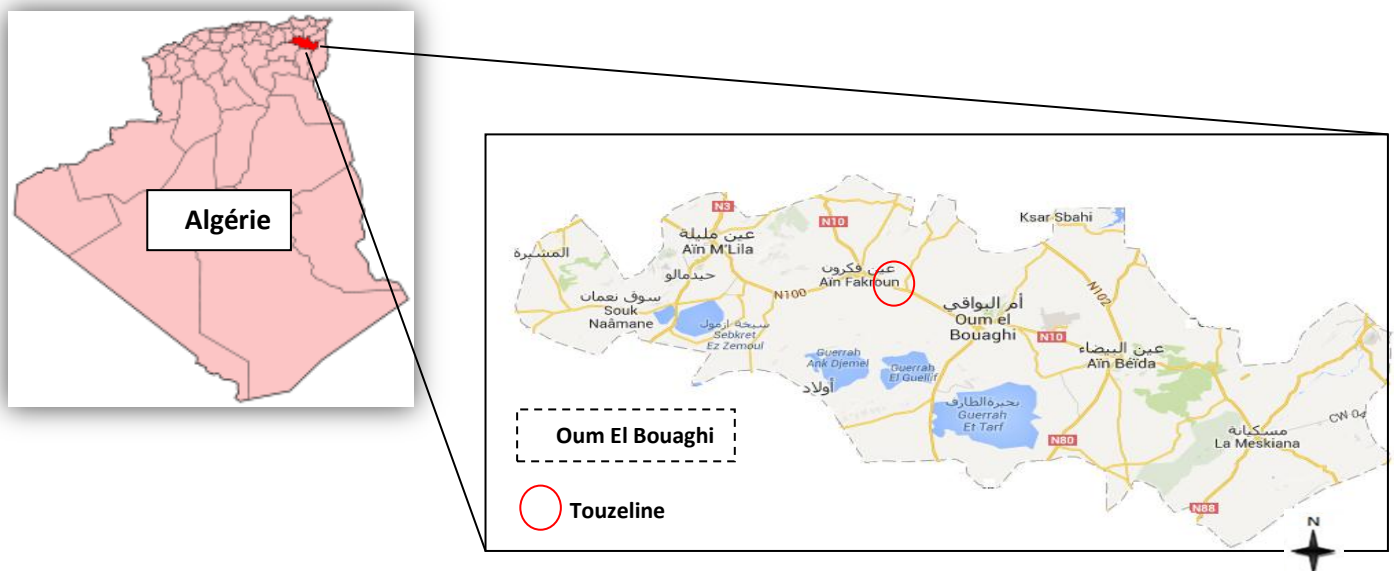


Figure 7: Localisation de la région d'étude

(<https://screenshots.firefox.com/ypNIdRXzILlLbq2ws/www.aniref.dz>)

2. Animaux

2.1 Choix de la ferme

La ferme Maameri est une ferme privée située dans la commune de Touzeline. Le propriétaire de cette ferme et sa famille sont déjà habitués à l'élevage des animaux principalement les petits ruminants (ovins et caprins). Leur premier objectif était la vente des agneaux et dans certains cas des chevreaux (selon la demande des consommateurs au marché), à l'occasion des différentes cérémonies sociales surtout religieuses (Aït El Adha). Tandis que le lait des chèvres est rarement vendu (autoconsommation familiale).

Au début de l'année 2013, et après avoir visiter la ferme plusieurs fois et la mise en place de l'état des lieux à savoir le nombre des animaux présents , leur stade physiologique, l'état des bergeries et des chèvreries, état de l'hygiène, disponibilité des surfaces de pâturages et surtout de l'eau d'abreuvement (présence d'un puit à proximité de la ferme ce qui a permet donc la disponibilité d'une eau propre pour les animaux) ; nous avons pris la décision de créer notre élevage expérimental dans cette ferme.

2.2. Choix et identification des animaux

Un certain nombre de chèvres ont été achetées, pour constituer le troupeau expérimental, en respectant certains critères : toutes les chèvres achetées étaient en bonne santé et appartenaient à la même race locale (Arbia) (sélection phénotypique). Toutes les chèvres ont été identifiées en utilisant des boucles individuelles portant chacune le numéro de l'animal ; et les informations correspondants pour chaque animal ont été enregistrées (âge, stade physiologique, parité, antécédents pathologiques, etc...). Durant une période adaptative de 3 mois au sein de la ferme, des visites périodiques des animaux ont été programmées avec le docteur vétérinaire de la région qui a suivi les animaux durant toute l'expérimentation en effectuant un déparasitage interne et externe des animaux ainsi qu'une vaccination contre l'Entérotoxémie à tout le troupeau au début de l'expérimentation. Durant la période de recherche et selon le docteur vétérinaire de la région, aucun cas de brucellose n'a été détecté.

2.3. Système d'élevage suivi dans la ferme

Dans cette ferme l'élevage pratiqué était de type traditionnel où les animaux étaient maintenus sous une photopériode et des températures naturelles et nourris au pâturage naturel pendant toute la journée, tandis que le soir, ils étaient nourris de paille ou de foin selon les disponibilités de la ferme. En hiver et lors de conditions climatiques extrêmes, les animaux ont été gardés à l'intérieur, et une fois par jour, on leur donnait un mélange (500-1000 g / chèvre / jour) d'orge sous forme de grain ou broyé (35%) et du son de blé (65%); l'orge a été remplacée par du blé tendre (500 g / chèvre / jour) en cas de non disponibilité. En plus de ce mélange; 8 à 9 kg / jour / dix chèvres de foin de haute qualité a été également distribué, des pierres à lécher et de l'eau étaient disponibles.

2.4. Troupeau expérimental

L'expérience a débuté en été (juillet) 2013, durant la campagne 2013-2014 où vingt-six chèvres Arbia ont été choisies et suivies parmi un troupeau de 45 animaux au sein de la ferme Maameri. Après la saillie naturelle des femelles avec un bouc de la même race, les chèvres qui n'ont pas manifestés des chaleurs le prochain cycle sont considérées comme gestantes.

Les vingt-six (26) chèvres Arbia (10 primipares et 16 multipares) sélectionnées et suivies ont fait l'objet de 3 études :

- Etude 1 : l'étude des variations des paramètres sanguins chez dix (10) chèvres primipares (**PRIM**) (qui sont à leur première mise à la reproduction) âgées d'une année ; durant les stades physiologiques suivants : Avant la Gestation (**AG**), à $6,87 \pm 4,61$ jour pré-partum : Fin de la Gestation (**FG**), à la 3^{ème} (début de lactation : **DL**), 8^{ème} (milieu de lactation : **ML**), 12^{ème} (Stade tardif de lactation : **ST**), et 16^{ème} semaine de lactation (Fin de lactation : **FL**), et pendant la 2^{ème} semaine de la période sèche (2 Semaines Après Sevrage : **PS**).
- Etude 2 : comparaison des paramètres sanguins, de la note d'état corporel (NEC) et du poids vif (PV) entre les chèvres primipares (**PRIM**) (mêmes animaux de l'étude 1 ; n= 10) et les chèvres multipares (**MULTI**) (qui ont mi-bas au moins une fois auparavant ; de 2 à 4 ans d'âge ; n=10), durant différents stades de la lactation : **DL**, **ML**, **ST** et **FL**.
- Etude 3 : a concerné l'étude des variations des paramètres sanguins chez un groupe de dix-sept (n=17) chèvres Arbia (8 chèvres parmi les 10 primipares et 9 chèvres parmi les 16 multipares) dont l'âge est compris entre 1 et 4 ans) durant le péripartum : 1 semaine pré-partum (**1SPrP**) et 3 semaines post-partum (**3SPp**) (Figure 8).

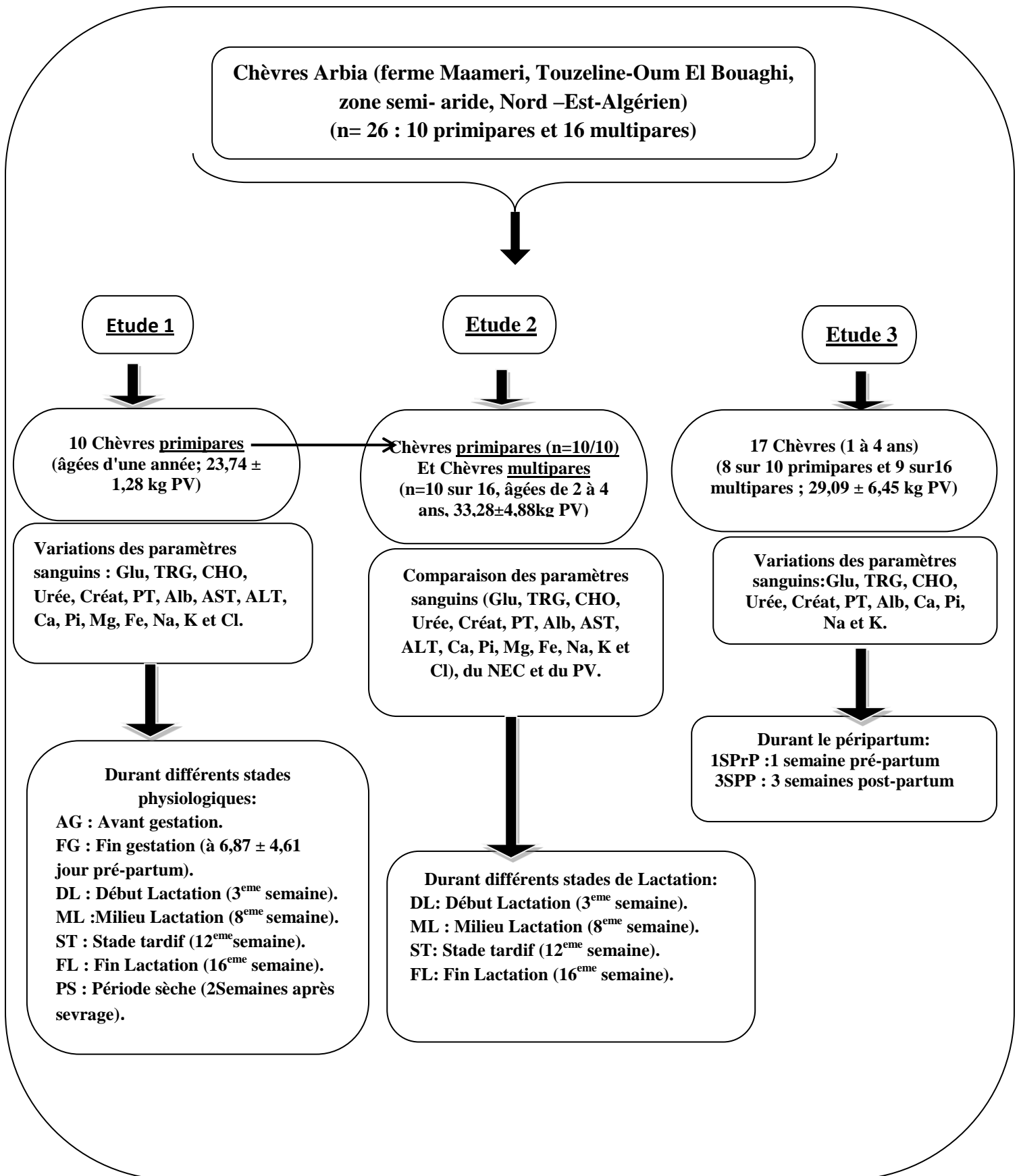


Figure 8: Organigramme récapitulatif du protocole expérimental

3. Méthodes

3. 1. Prises de sang et analyses au laboratoire

Les prélèvements sanguins ont été réalisés, pour chaque chèvre, durant les différents stades physiologiques précédemment décrits. Le sang était collecté doucement et en dehors de tout stress (le prélèvement du sang d'un animal s'effectuait toujours loin des autres animaux), à la veine jugulaire à 7 h du matin avant la prise alimentaire, dans des tubes (Lithium Heparin) de type vacutainer Vacumed (Photo 2).

Après centrifugation à 3000 tpm/15min, le plasma obtenu est congelé à -20°C jusqu'au moment d'analyse. Un automate (Siemens, ADVIA 1800 Chemistry system (Allemagne, 2007)) a été utilisé pour mesurer avec des kits commercialisés, les concentrations plasmatiques des paramètres suivants : le glucose (Glu), le cholestérol (CHO), les triglycérides (TRG), l'urée (Urée), l'albumine (Alb), les protéines totales (PT), la créatinine (Créat), l'aspartate aminotransférase (ASAT), l'alanine aminotransférase (ALAT), le calcium (Ca), le phosphore inorganique (Pi), le magnésium (Mg) et le fer (Fe). En ce qui concerne le sodium (Na), le chlore (Cl) et le potassium (K) ; ils ont été dosés par le système de chimie intégrée Dimension RxL Max (Allemagne, 2007) par la méthode photométrique à flamme. La teneur en globuline (Glb) a été calculée en faisant la différence entre les concentrations en protéines totales et en albumine. Le dosage des paramètres sanguins sus-cités a été effectué au niveau du service de Biochimie du centre hospitalo-universitaire (CHU) Ibn Badis de la wilaya de Constantine.



Photo 2: Prise du sang au niveau de la veine jugulaire (Photo personnelle).

3.2. Pesée des animaux et évaluation de la note d'état corporel (NEC)

Durant chaque stade étudié, le poids vif (PV) et la note d'état corporel (NEC) ont été prises pour chaque chèvre. La pesée des animaux est effectuée juste après le prélèvement sanguin en utilisant une bascule qui est toujours disponible au niveau de la ferme. La NEC a été évaluée suivant la méthode de référence recommandée chez le caprin décrite par Hervieu *et al.* (1995). Après observation et palpation des 2 sites : lombaire et sternale; une note moyenne est donnée pour chaque animal (Photo 3 et 4).



Photo 3 : Appréciation de la NEC au niveau lombaire (Photo personnelle).



Photo 4: Appréciation de la NEC au niveau sternal (Photo personnelle).

3.3. Méthodes de dosage des paramètres biochimiques et minéraux

3.3.1. Méthodes de dosage des paramètres biochimiques

3.3.1.1. Méthode de dosage du glucose (Glu)

La méthode utilisée est une méthode enzymatique qui s'appuie sur la méthode de Slein (1950). Elle utilise les enzymes hexokinase et glucose-6-phosphate déshydrogénase. Le glucose est phosphorylé par l'adénosine triphosphate (ATP) en présence d'hexokinase.

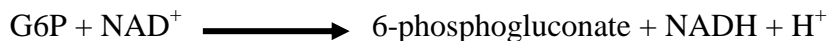
Hexokinase



Le glucose-6-phosphate qui se forme est oxydé en présence de glucose-6-phosphate déshydrogénase, entraînant la réduction de NAD en NADH.

L'absorbance du NADH est mesurée au point de virage de la réaction à 340/410nm.

G6PD



3.3.1.2. Méthode de dosage du cholestérol (CHO)

La méthode cholestérol (CHO) est basée sur une technique enzymatique faisant appel à une conversion par la cholestérol estérase et la cholestérol oxydase, appréciée au point de virage du réactif de Trinder.

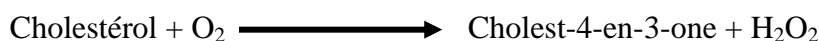
Les esters de cholestérol sont hydrolysés par la cholestérol estérase en cholestérol et en acides gras libres. Le cholestérol est converti en cholestérol-3-one par la cholestérol oxydase en présence d'oxygène pour former du peroxyde d'hydrogène. Un complexe coloré se forme à partir du peroxyde d'hydrogène, de la 4-aminoantipyrine et du phénol sous l'action catalytique de la peroxydase.

L'absorbance du complexe coloré est mesurée au point de virage de la réaction à 505/694nm, selon les équations suivantes :

Cholesterol Esterase



Cholesterol Oxidase



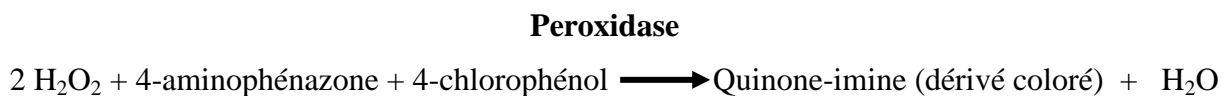
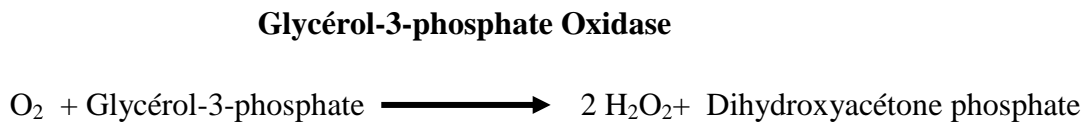
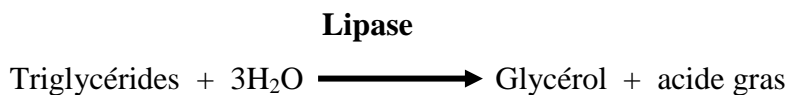
Peroxydase



3.3.1.3. Méthode de dosage des triglycérides (TRG)

La méthode Triglycérides (TRG) est basée sur la réaction enzymatique en trois étapes de Fossati (1982) avec une réaction de Trinder (1969) en point terminal. La procédure qui utilise un réactif unique quantifie les triglycérides totaux y compris les mono et les diglycérides, ainsi que les fractions libres du glycérol.

Les triglycérides sont transformés en glycérol et en acides gras libres par la lipase. Le glycérol est ensuite transformé en glycérol-3-phosphate par la glycérol kinase, puis en peroxyde d'hydrogène par la glycérol-3-phosphate-oxydase. Un complexe coloré (en rouge) se forme à partir du peroxyde d'hydrogène, de la 4-aminophénazone et du 4-chlorophénol sous l'influence catalytique de la peroxydase. L'absorbance du complexe coloré est proportionnelle à la concentration en triglycérides dans l'échantillon, et est mesurée au point de virage de la réaction à 505/694 nm. Les réactions mises en jeu sont les suivantes :



3.3.1.4. Méthode de dosage des protéines totales (PT)

La méthode protéines totales (TP) est basée sur la méthode de Weichselbaum (1946) qui utilise le réactif du biuret (sulfate de cuivre en solution alcaline).

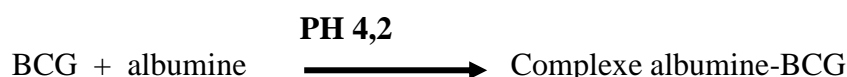
Les liaisons peptidiques des protéines interagissent avec les ions cuivre pour former un complexe de couleur violette dont l'intensité est mesurée au point de virage de la réaction à 545 nm. La réaction est comme suit :



3.3.1.5. Méthode de dosage de l'albumine (Alb)

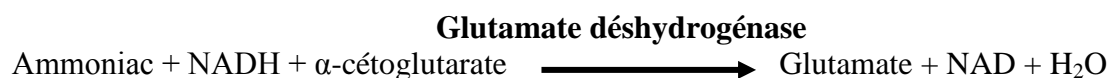
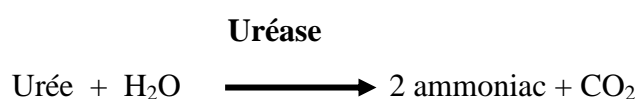
La méthode albumine (Alb) est basée sur la méthode de Doumas et Biggs (1972) et Watson, qui repose sur la liaison de l'albumine à un colorant ; le vert de bromocrésol (BCG) en solution.

L'Albumine présent dans le sérum ou le plasma se lie de façon quantitative au BCG pour former un complexe albumine-BCG, qui est mesuré au point de virage de la réaction à 596/694 nm. L'équation de la réaction est la suivante :



3.3.1.6. Méthode de dosage de l'urée (Urée)

La méthode utilisée est basée sur la réaction enzymatique de Roch-Ramel (1967). L'urée est hydrolysée en présence d'eau et d'uréase pour former de l'ammoniac et du dioxyde de carbone. L'ammoniac réagit avec le 2-oxoglutarate en présence de la glutamate déshydrogénase et du NADH. L'oxydation du NADH en NAD est mesurée en cinétique inverse à 340/410 nm. L'équation de la réaction est la suivante :



3.3.1.7. Méthode de dosage de la créatinine (Créat)

La méthode de dosage créatinine est basée sur la réaction de l'acide picrique avec la créatinine dans un milieu alcalin, comme indiqué dans la procédure originale de Jaffé (1886).

3.3.1.8. Méthode de dosage de l'activité ALT (ALT)

La méthode de dosage de l'alanine aminotransférase (ALT) est basée sur les travaux de Wroblewski et LaDue. Cette procédure a été modifiée par la suite par H.U.Bergmeyer.

La réaction est initiée par l'ajout d' α -cétoglutarate en tant que second réactif. La concentration en NADH est mesurée par son absorption à 340/410 nm et le taux de diminution d'absorption est proportionnel à l'activité de l'alanine aminotransférase.

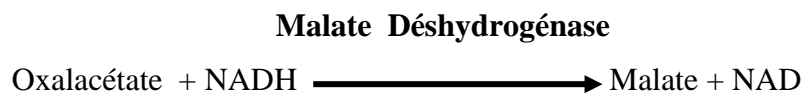
La réaction est la suivante :



3.3.1.9. Méthode de dosage de l'activité AST (AST)

La méthode Aspartate aminotransférase (AST) est basée sur les travaux de Karmen. Cette procédure a été modifiée par la suite par H.U.Bermeyer.

La concentration en NADH est mesurée par son absorbance à 340/410 nm, le taux de diminution de l'absorbance étant proportionnel à l'activité AST. La réaction est déclenchée par l'ajout d' α -cétoglutarate en tant que second réactif. L'équation de la réaction est la suivante :



3.3.2. Méthodes de dosage des minéraux

3.3.2.1. Méthode de dosage du calcium (Ca)

La méthode Calcium₂ (Ca) repose sur les travaux de Michaylova et IIIkova (1971), qui ont découvert que l'Arsenazo III pouvait former un complexe stable avec le calcium en présentant une sélectivité élevée à pH acide.

Les ions calcium forment un complexe coloré avec l'Arsenazo III dont l'intensité est mesurée à 658/694 nm. La quantité de calcium présente dans l'échantillon est directement proportionnelle à l'intensité du complexe coloré formé.

3.3.2.2. Méthode de dosage du phosphore inorganique (Pi)

La méthode Phosphore inorganique (Pi) est basée sur la procédure de Daly et Ertinghausen (1972), qui repose sur la formation d'un complexe absorbant dans l'UV entre le phosphore et le molybdate.

Le phosphore inorganique réagit avec le molybdate d'ammonium en présence d'acide sulfurique pour former un complexe phosphomolybdate non réduit qui est mesuré en point terminal à 340/658, selon la réaction suivante :



3.3.2.3. Méthode de dosage du magnésium (Mg)

La méthode Magnésium (Mg) est basée sur la réaction du bleu de xylydyl modifiée, qui a été décrite pour la première fois par C.K.Mann et J.H.Joe (1956 et 1957). Le réactif a été modifié pour éliminer l'utilisation des solvants organiques.

Les ions magnésium réagissent avec le bleu de xylydyl en milieu alcalin pour former un complexe coloré en pourpre-rouge soluble dans l'eau. L'augmentation de l'absorbance du bleu de xylydyl à 505/694 nm est proportionnelle à la concentration en magnésium dans l'échantillon. Le calcium est exclu de la réaction au moyen d'une complexation par l'EGTA.

La réaction se fait comme suit :



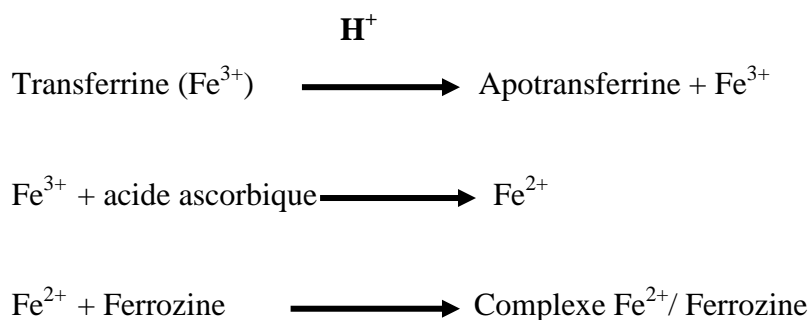
3.3.2.4. Méthodes de dosage du fer (Fe)

La méthode Iron_2 (IRON_2) est basée sur les travaux d'Artiss *et al.* (1981), et de Siedel (1984).

En milieu acide, le fer est dissocié de la transferrine et réduit en fer ferreux. Le fer ferreux est ensuite complexé avec un chromogène (ferrozine), un indicateur sensible de la présence de fer, et donne un chromophore coloré dont le pic d'absorption se situe à 571/658 nm. Une mesure colorimétrique peut alors être effectuée. Cette procédure permet de mesurer le fer directement sans passer par une étape de précipitation protéique et sans risque d'interférence de cuivre endogène. Cette méthode contient des concentrations élevées de

chlorhydrate de guanidine et de détergent visant à prévenir le phénomène de précipitation protéique avec les échantillons de plasma et ceux contenant des concentrations élevées de para-protéines.

L'équation de la réaction est la suivante :



3.3.2.5. Méthodes de dosage du sodium, potassium et du chlore (Na, K et Cl)

Les méthodes de dosage du sodium, du potassium et du chlore (Na, K, Cl) utilisent une détection indirecte de l'échantillon (Potentio-métrie indirecte) grâce à la technologie de multicapteur intégré QuikLYTE® (IMT) afin de développer un potentiel électrique proportionnel à l'activité de chaque ion spécifique de l'échantillon.

3.4. Analyse statistique

Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Ils ont été testés pour la normalité en utilisant le test de Shapiro-Wilk. Les résultats pour les paramètres sanguins sans distribution normale ont été analysés de manière non paramétrique. Les analyses d'ANOVA et de Kruskal-Wallis ont été appliquées pour évaluer l'effet significatif du stade physiologique de reproduction. Des comparaisons entre les périodes de reproduction ont ensuite été effectuées par des tests post-hoc du LSD ou de Mann-Whitney U. Toutes les données obtenues ont été analysées à l'aide du logiciel Statistical (SPSS, version 20). Les résultats ont été considérés comme significatifs lorsque $P < 0,05$.

Résultats
et
Discussion

1. Résultats et discussion de la première étude : Variations des paramètres sanguins durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année

1.1. Résultats

Les résultats montrent que le stade productif des chèvres Arbia n'a pas eu d'effet significatif sur les taux plasmatiques du cholestérol (CHO) (Figure 9), mais les taux des paramètres sanguins restants ont présenté des variations significatives différentes (Figure 9 à 17).

1.1.1. Variations des paramètres du métabolisme énergétique durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année

- **Glucose**

Les concentrations plasmatiques moyennes du glucose ont présenté des modifications non significatives au cours des périodes de lactation par rapport aux valeurs avant et en fin de gestation et ont diminué de manière significative au milieu de la lactation par rapport au début de la lactation ($p < 0,003$) et à la période sèche ($p < 0,002$) ; et au cours de cette dernière période, son taux plasmatique était significativement plus élevé ($p < 0,01$) par rapport à avant la gestation (Figure 9). Cependant, les concentrations de glucose n'ont pas changé de manière significative entre la période sèche et la fin de gestation.

- **Cholestérol**

Les différences dans les taux plasmatiques du cholestérol n'étaient pas significatives au cours de la période d'étude (Figure 10).

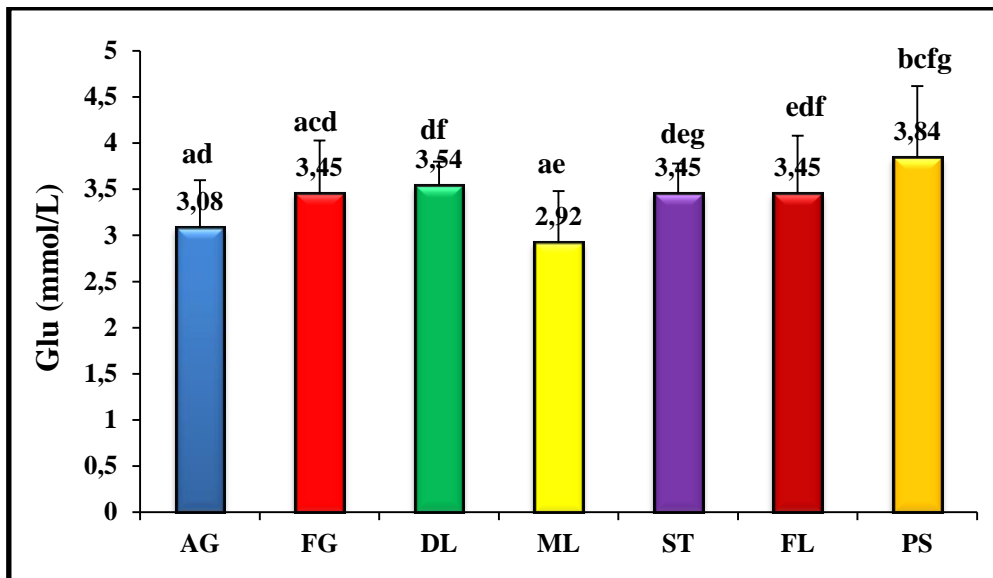


Figure 9: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écart-type) du glucose (Glu) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

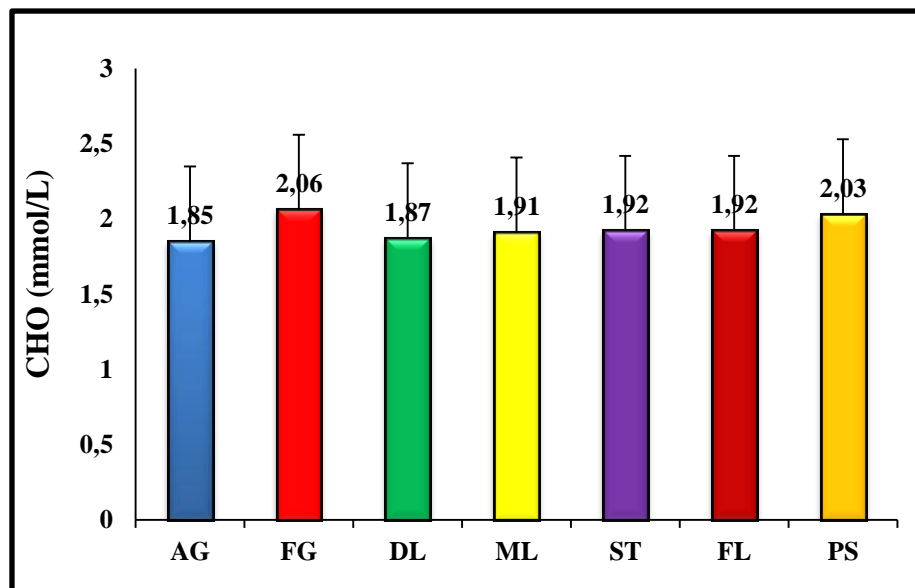


Figure 10: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écart-type) du Cholestérol (CHO) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

- Triglycérides

La concentration plasmatique en triglycérides (Figure 11) a augmenté significativement ($p < 0,02$) d'avant gestation à la fin de gestation. Par la suite, elle a diminué significativement durant toutes les périodes de lactation ainsi que pendant la période sèche en comparaison avec la fin de gestation. Pendant la période sèche, les taux de triglycérides étaient également significativement plus élevés que ceux déterminés au début et à la fin de lactation ($p < 0,02$). Les concentrations de triglycérides les plus faibles ont été observées à 3 semaines de lactations ($0,16 \text{ mmol / L} \pm 0,05$) et étaient significativement inférieures à celles enregistrées à 12 semaines de lactation ($p < 0,05$), où aucune différence significative n'a été notée avec celles mesurées chez les chèvres non gestantes. Le plus haut niveau de triglycérides a été enregistré en fin de gestation.

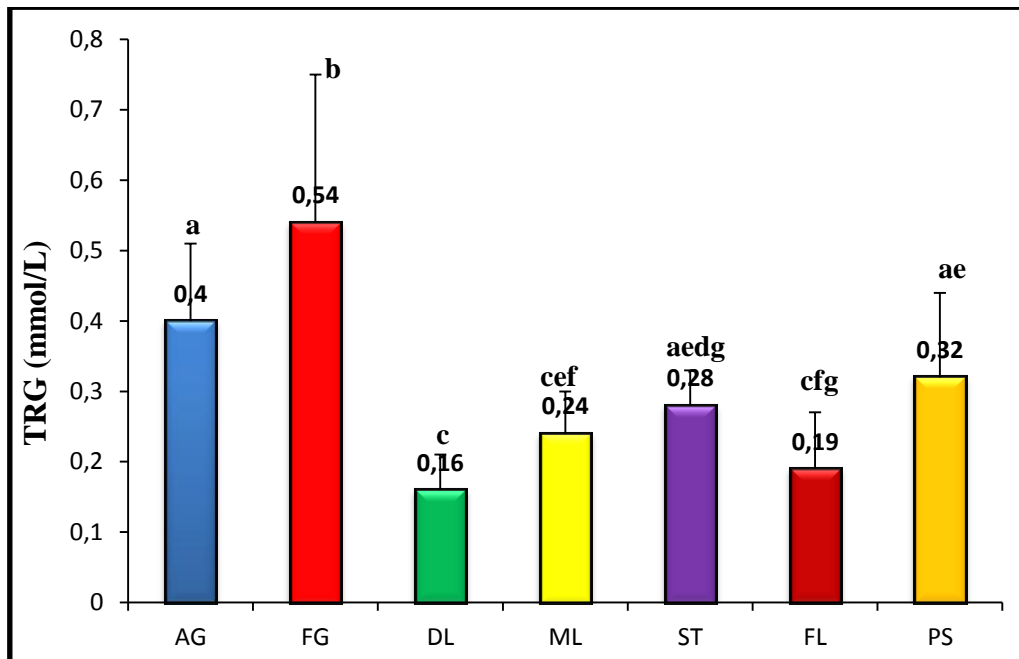


Figure 11: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) des triglycérides (TRG) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin de la Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

1.1.2. Variations des paramètres du métabolisme protéique durant différents stades de production chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année

- Albumine

L'albumine plasmatique n'a pas montré de changement significatif jusqu'à la fin de la lactation et en période sèche où les valeurs d'albumine ont atteint le niveau le plus élevé, mais les valeurs déterminées pendant la période avant gestation étaient non significatives par rapport à celles du milieu et début de la lactation. Les valeurs d'albumine au stade tardif de lactation étaient significativement plus basses en comparaison avec celles enregistrées en fin de lactation ($p < 0,05$) et en période sèche ($p < 0,0003$) (Figure 12).

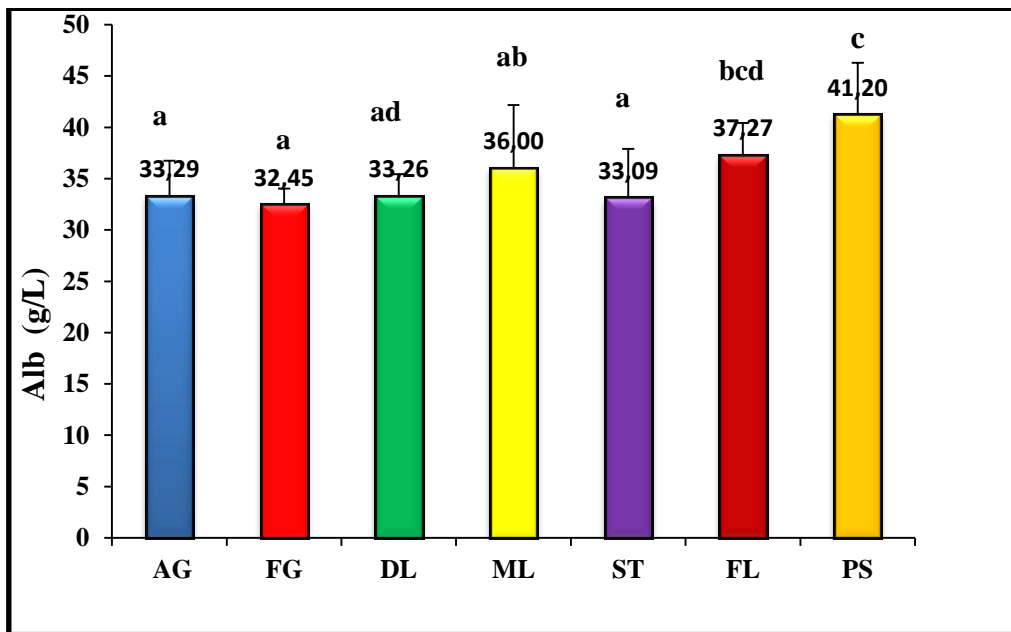


Figure 12: Concentration (g/L) plasmatique (moyenne ± écartype) d'albumine(Alb) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG :Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

• Protéines Totales et Globulines

Les protéines totales ont augmenté de manière significative ($p < 0,05$) en fin de lactation par rapport à avant, en fin de gestation et au stade tardif de lactation, et une augmentation significative a été constatée au début de lactation par rapport à avant gestation et en période sèche. Pendant la période de lactation, les protéines totales ont diminué de manière significative au stade tardif de lactation par rapport au début, milieu et fin de la lactation, et leurs valeurs étaient proches de celles enregistrées pendant la période sèche, avant gestation et en fin de gestation (Figure 13). Une augmentation significative du taux plasmatique de globulines (Figure 14) a été enregistrée au début et en fin de lactation, par rapport à celle

notée avant gestation ($p = 0,01$), puis a fortement diminué pendant la période sèche ($p = 0,002$).

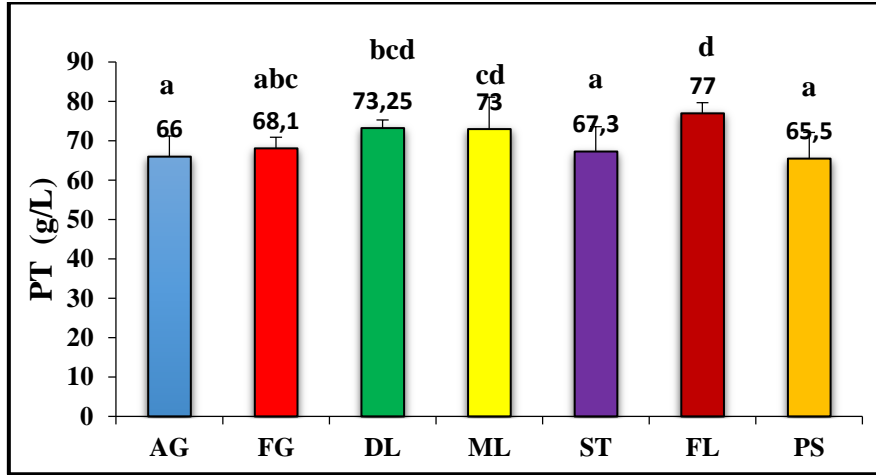


Figure 13: Concentration (g/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) des protéines totales (PT) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

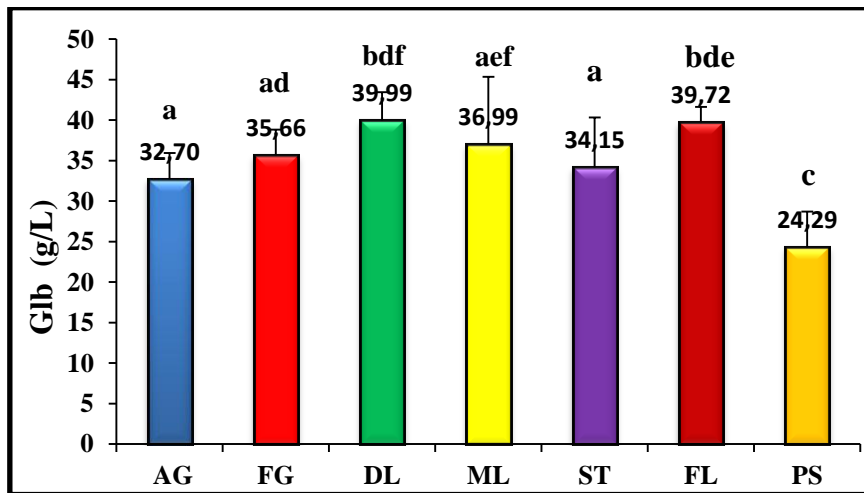


Figure 14: Concentration (g/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) des globulines (Glb) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$).

- **Urée**

L'urée n'a montré aucun changement significatif depuis la période avant gestation jusqu'à ce que les chèvres atteignent la fin de la lactation, où elle a atteint un niveau maximal

égal à $7,59 \pm 1,96$ mmol / L, puis a diminué significativement ($p < 0,01$) à la 2^e semaine de la période sèche à un niveau proche de celui observé avant gestation et à 12 semaines de lactation (Figure 15). Le niveau le plus bas de l'urée a été observé en fin de gestation et il était significativement plus bas qu'à 12 ($p < 0,05$) et à 16 ($p < 0,001$) semaines de lactation. Les valeurs d'urée en fin de lactation étaient significativement plus élevées qu'au début et milieu de lactation ($p < 0,01$).

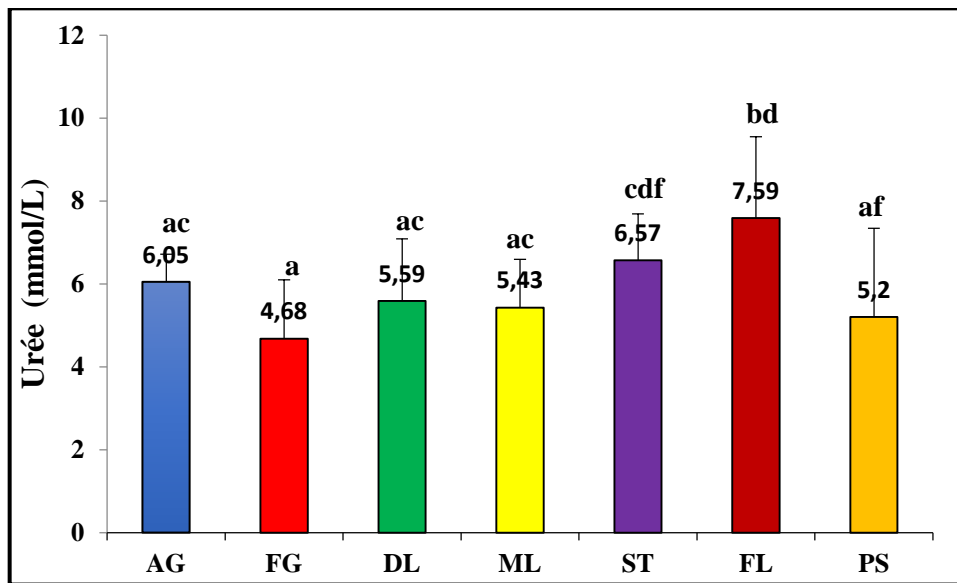


Figure 15: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) de l'urée (Urée) Chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG :Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

- **Créatinine**

Comme il ressort des résultats, le plus haut niveau de la créatinine a été enregistré en fin de gestation par rapport à toutes les périodes étudiées. Une augmentation significative de la créatinine au début de lactation a également été observée par rapport au stade tardif de lactation ($p < 0,01$), à la fin de lactation ($p < 0,05$) et à la période sèche ($p < 0,00002$). Cependant, la créatinine n'a pas changé de manière significative avant gestation par rapport aux différents stades de la lactation (Figure 16).

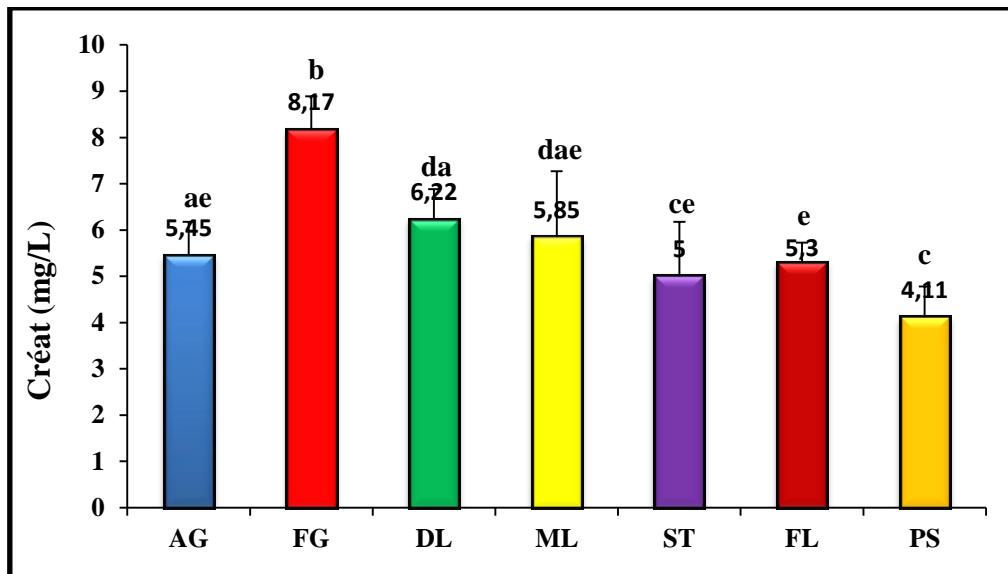


Figure 16: Concentration (mg/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) de la créatinine (Créat.) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

1.1.3. Variations de l'activité enzymatique d'ALT et d'AST durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année

L'activité de l'AST était la plus élevée pendant la période sèche et était significativement plus élevée qu'avant gestation ($p < 0,001$), en fin de gestation ($p < 0,01$) et pendant la lactation ($p < 0,05$), mais aucun changement significatif n'a été enregistré entre les autres périodes d'étude, à l'exception du stade tardif de lactation. Au stade tardif de lactation, l'activité d'AST a diminué de manière significative par rapport à la fin de lactation ($p < 0,005$), à la fin de gestation ($p < 0,05$) et au début de lactation ($p < 0,02$) (Figure 17). Les valeurs les plus élevées de l'activité de l'ALT a été enregistré pendant la période sèche, en fin de la lactation et avant la gestation. Mais pendant la période sèche, l'activité d'ALAT n'était pas significativement plus élevée par rapport à la fin de lactation ($p > 0,05$). L'activité ALT durant la fin de lactation, avant et en fin de gestation n'a pas montré de différences significatives (Figure 18).

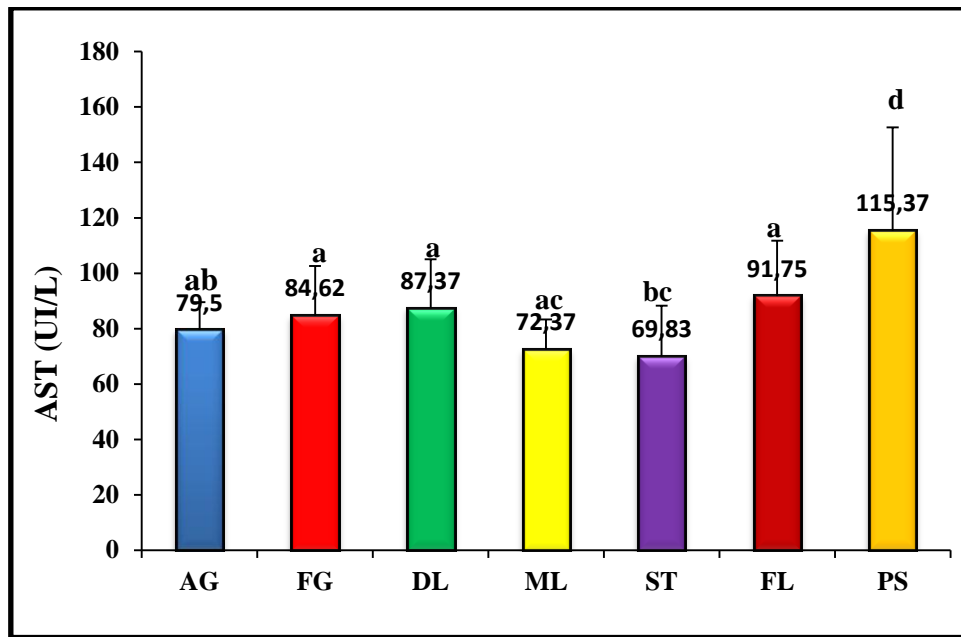


Figure 17: Concentration (UI/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) de l'activité de l'AST chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

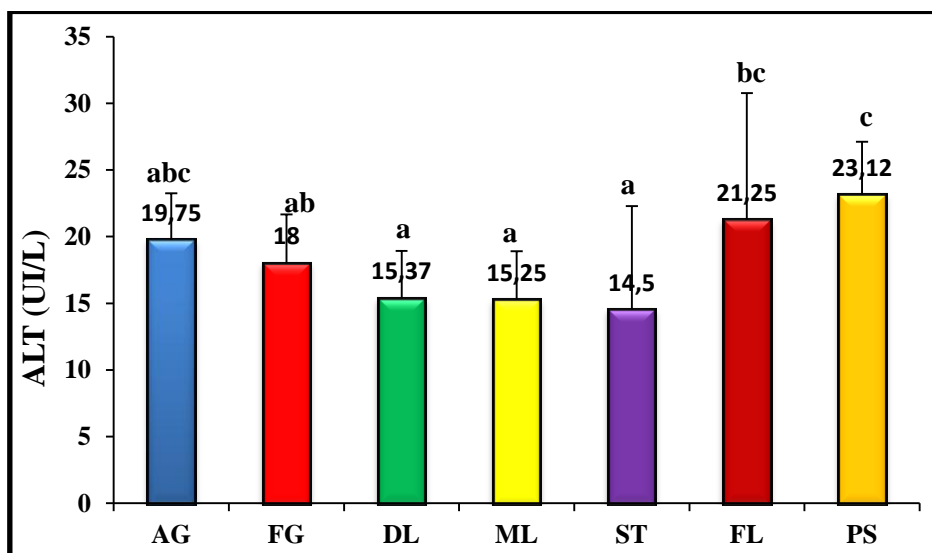


Figure 18: Concentration (UI/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) de l'activité de l'ALT chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

1.1.4. Variations des paramètres du métabolisme minéral durant différents stades de production chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année

1.1.4.1. Variations de la calcémie durant différents stades de production chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année

Les taux plasmatiques de calcium ont augmenté significativement ($p < 0,01$) en fin de lactation (FL) par rapport aux autres stades de reproduction. Cependant, ils ne différaient pas significativement entre les autres périodes (Figure 19).

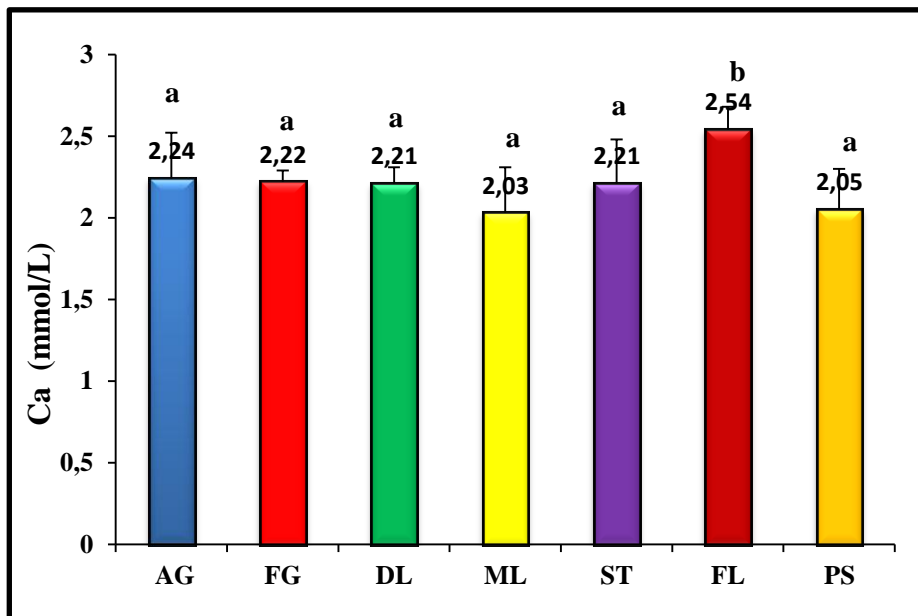


Figure 19: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du calcium (Ca) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

1.1.4.2. Variations de la phosphorémie durant différents stades de production chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année

La concentration en phosphore inorganique n'a pas montré de changement significatif entre les stades de la lactation, malgré qu'elle a augmenté au stade tardif de lactation et a différencié significativement par rapport aux stades avant la gestation et la période sèche. Les

niveaux de phosphore inorganique ont également montré des changements non significatifs avant, en fin de gestation et au début de lactation (Figure 20).

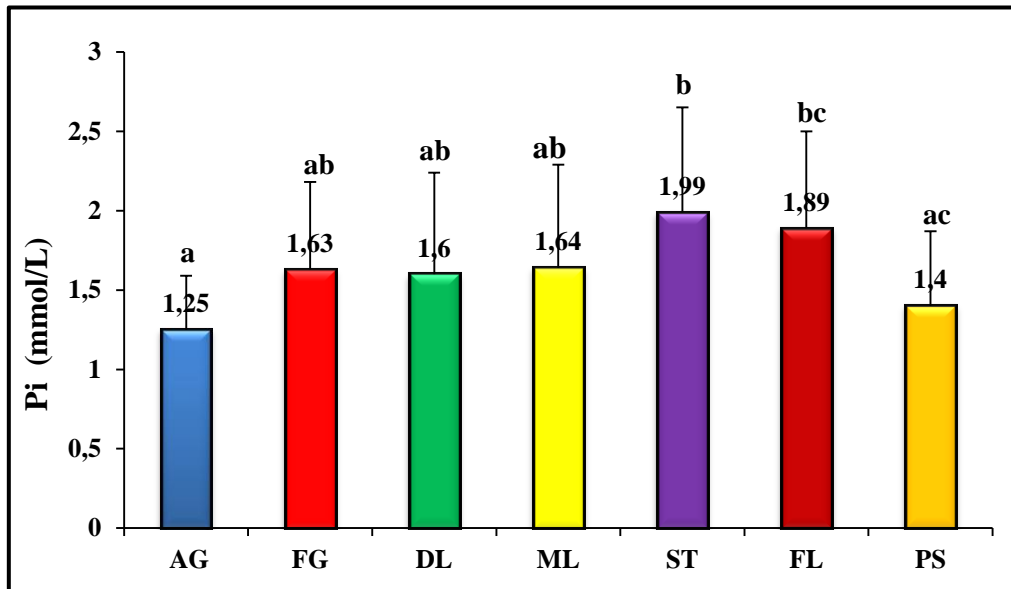


Figure 20: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du phosphore inorganique (Pi) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

1.1.4.3. Variations de la natrémie, kaliémie et chlorémie durant différents stades de production chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année

Les concentrations plasmatiques de sodium et de potassium ont suivi la même tendance. Elles n'ont pas changé de façon significative de la fin de gestation jusqu'à la période sèche, exception faite pour la kaliémie durant le stade tardif de la lactation où une élévation significative a été notée en comparaison avec celle enregistrée en fin de gestation. Le stade période sèche a montré des valeurs plus élevées de sodium ($p < 0,001$) et de potassium ($p < 0,05$) que celles déterminées avant gestation. Par ailleurs, le taux moyen des chlorures plasmatiques a diminué de manière significative en fin de lactation par rapport au début de lactation ($p < 0,05$), mais il n'a montré aucune variation significative entre les autres périodes étudiées (Figure 21 à 23).

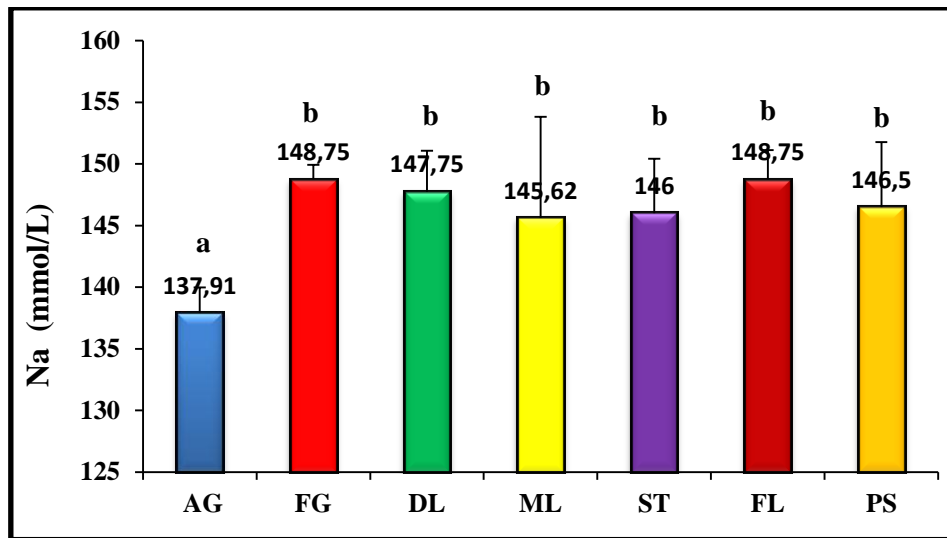


Figure 21: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du sodium (Na) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.

(AG :Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

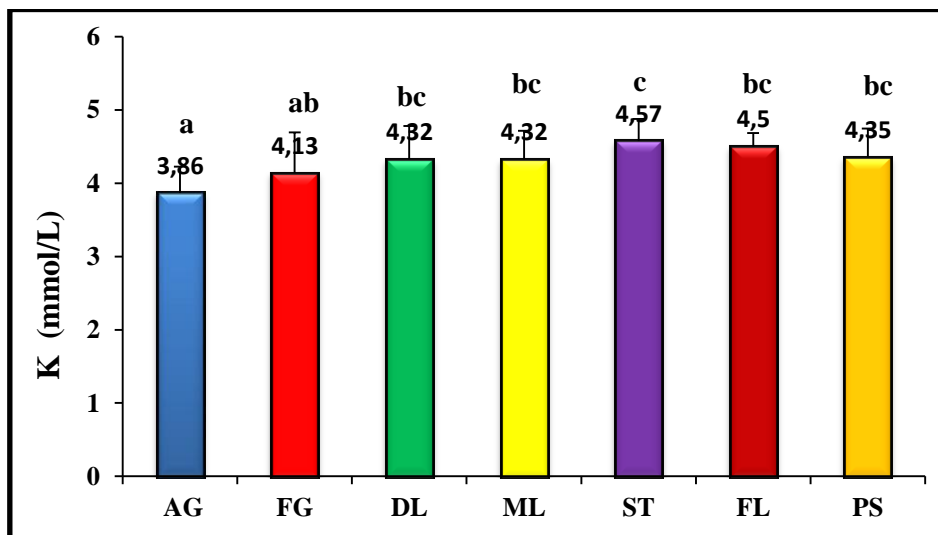


Figure 22: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne \pm écartype) du potassium (K) chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production.

(AG :Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

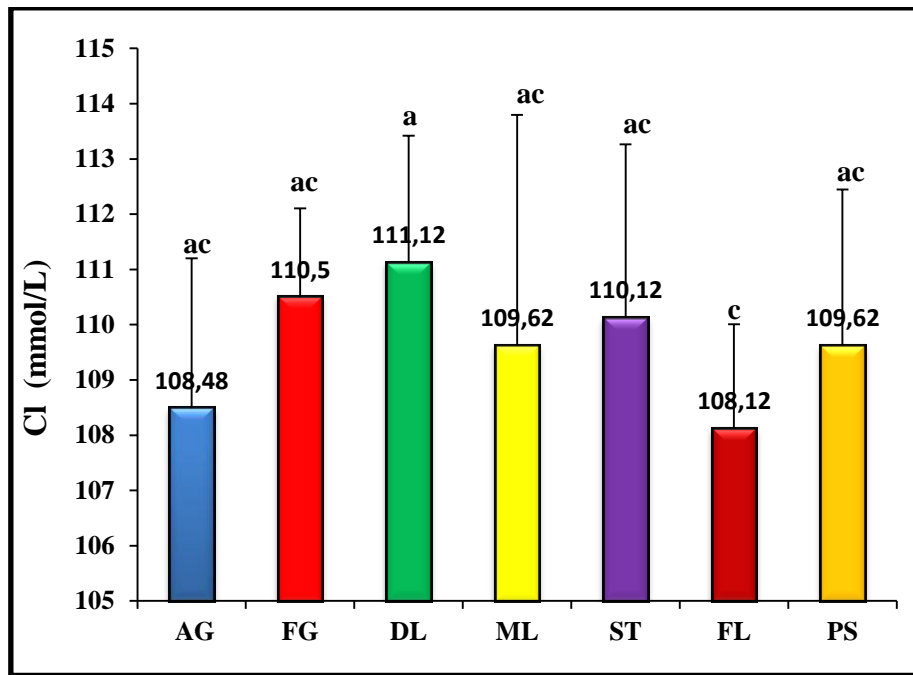


Figure 23: Concentration (mmol/L) plasmatique (moyenne ± écartype) du chlore (Cl) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

1.1.4.4. Variations de la magnésémie durant différents stades de production chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année

Les taux plasmatiques moyens de magnésium ne présentaient aucune différence significative au cours de la lactation, de la période sèche et en fin gestation, mais ils étaient significativement plus faibles ($p < 0,05$) avant la gestation par rapport au début de lactation, au stade tardif de lactation et en fin de lactation (Figure 24).

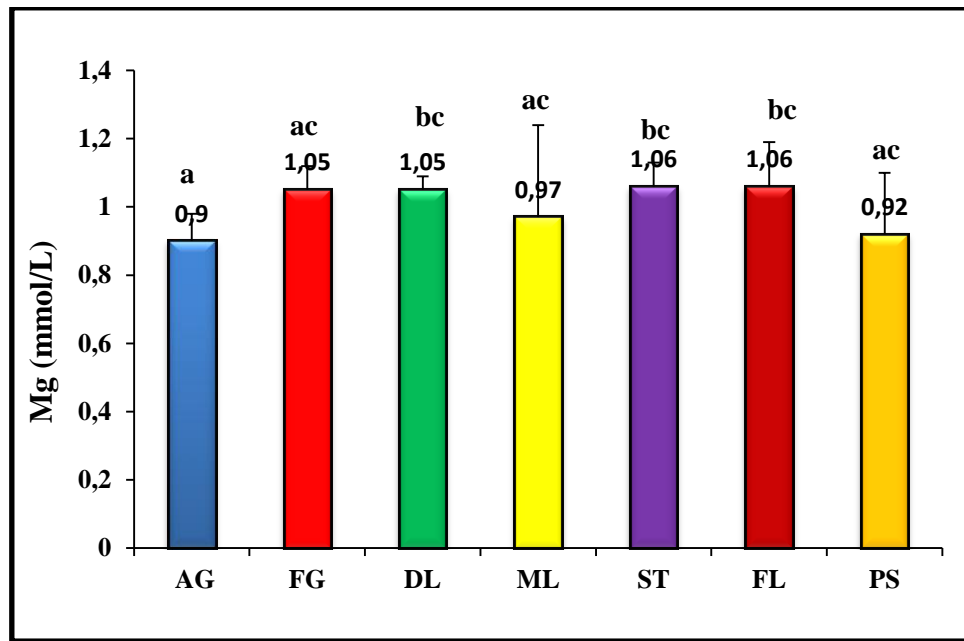


Figure 24: Concentration (mmol/L) plasmatique moyenne (\pm écartype) du magnésium (Mg) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG :Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

1.1.4.5. Variations de la sidéremie durant différents stades de production chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année

Les concentrations plasmatiques du fer n'ont pas montré de variation significative entre toutes les périodes étudiées, à l'exception de la période milieu-lactation, où la valeur plasmatique moyenne du Fe a chuté de manière significative ($p < 0,035$) (Figure 25).

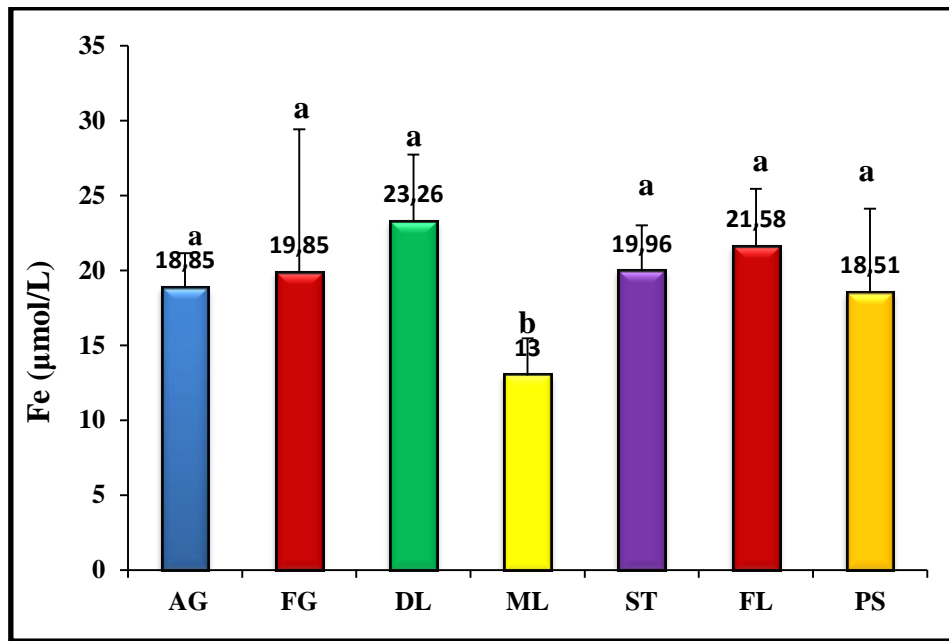


Figure 25: Concentration ($\mu\text{mol/L}$) plasmatique (moyenne \pm écartype) du fer (Fe) chez la chèvre *Arbia* âgée d'une année à différents stades de production.

(AG : Avant gestation, FG: Fin gestation ; DL ML ST FL : Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; PS : Période Sèche ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$)

1.2. Discussions

1.2.1. Paramètres du métabolisme énergétique

Plusieurs études ont montré de grandes variations dans les niveaux de paramètres sanguins entre les races de chèvres au cours des différentes étapes de la production. Les résultats de la présente recherche sur des chèvres *Arbia* élevées traditionnellement dans des zones semi-arides du nord-est de l'Algérie indiquent que tous les paramètres plasmatiques sanguins étudiés présentent différentes variations, mais les taux plasmatiques du cholestérol n'ont pas changé de manière significative au cours de l'étude. Le phosphore inorganique, le sodium, le potassium et le magnésium n'ont pas changé de manière significative entre les stades de lactation. Des variations non significatives des taux de glucose, de cholestérol, d'ALT et de chlore ont également été observées entre les différents stades de lactation et avant gestation, alors que les taux plasmatiques de protéines totales, de globulines et d'albumine n'étaient pas affectés par le stade fin de gestation.

Ce qui était particulièrement intéressant, c'est que pendant la lactation le glucose a diminué de manière significative seulement au milieu de la lactation par rapport au début de la lactation, mais ses niveaux ne présentaient aucun changement significatif pendant les stades

de lactation par rapport à avant et à la fin de gestation. De même, Bedo *et al.* (1997) ont signalé une diminution du glucose à mi-lactation chez les brebis. En revanche, Darwesh *et al.* (2013) ont constaté une augmentation du glucose à 6 semaines de lactation (début de lactation) par rapport aux stades milieu et stade tardif de la lactation chez la chèvre Noire. Cependant, une diminution de la glycémie au cours des deux premières semaines de la lactation, puis une augmentation progressive après le 13^e jour du post-partum jusqu'au 45^e jours, ont été observées chez les chèvres laitières Saanen (Sadjadian *et al.*, 2013). L'augmentation de la glycémie au début de lactation n'était pas significative par rapport à avant et en fin de gestation. Des résultats similaires ont été détectés par Manat *et al.* (2016) chez les chèvres Surti, mais Sadjadian *et al.* (2013) ont signalé que les taux de glycémie étaient plus élevés pendant l'allaitement qu'en fin de gestation chez la chèvre Saanen. Dans cette étude, la diminution de la glycémie au milieu de lactation par rapport à la période sèche semblait être liée aux besoins énergétiques élevés dus à la lactation. Pendant ce temps, il y avait des changements non significatifs à 3 semaines après l'accouchement par rapport à la période sèche. En revanche, une étude sur les brebis Tuj a montré que les concentrations de glucose sérique chez les brebis aux jours 1 et 30 de la lactation étaient supérieures à celles de 3 semaines en période sèche. (Karapehliyan *et al.*, 2007). Ainsi, il est à noter que le niveau de glucose a une forte régulation homéostatique chez les chèvres Arbia, et sa variation dans le plasma est une caractéristique de cette race de chèvre. De plus, les valeurs de glucose obtenues dans cette étude étaient dans la plage de référence rapportée par Kaneko *et al.* (2008), qui indiquaient que les animaux présentaient un bilan énergétique positif.

Dans cette étude, les valeurs plasmatiques du **cholestérol** total n'étaient pas significativement influencées par l'état physiologique des chèvres Arbia, comme l'ont également constaté Antunović *et al.* (2011a ; 2011b) chez les brebis. Cependant, dans certaines études précédentes ; le taux de **cholestérol** était plus élevé chez les chèvres et les moutons en fin de gestation (Nazifi *et al.*, 2002; Balikci *et al.*, 2007; Iriadam, 2007; Waziri *et al.*, 2010), dans d'autres ; il a diminué au cours des 2 dernières semaines de gestation, à 10 jours après la parturition (Skotnicka *et al.*, 2011), à 7 jours (Amer *et al.*, 1999) et à 21 jours (Iriadam, 2007); à 2 semaines de lactation (Sadjadian *et al.*, 2013), et il était plus élevé chez les chèvres allaitantes que chez les chèvres gestantes non-allaitantes et a même culminé à 42 jours post-partum selon les travaux de Sadjadian *et al.* (2013) ou au 7^e jour après le part d'après Waziri *et al.* (2010). De nos résultats, nous pouvons déduire que le besoin croissant en énergie pendant la lactation est bien équilibré.

Les concentrations plasmatiques de **triglycérides** étaient plus élevées en fin de gestation (valeurs les plus élevées) que chez les chèvres Arbia non gestantes. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus chez les chèvres (Skotnicka *et al.*, 2011) et chez les ovins (Nazifi *et al.*, 2002; Antunović *et al.*, 2011a). Chez ces deux espèces, le taux élevé de **triglycérides** en fin de gestation a été en raison de la réduction de l'inhibition de la lipolyse induite par l'insuline, et donc de l'amélioration de la lipolyse dans le foie et le tissu adipeux. D'autre part, les glucocorticoïdes, les catécholamines et le glucagon ont augmenté pour préparer l'animal à la lactation (Vazquez-Anon *et al.*, 1994; Grum *et al.*, 1996), ou il y avait une augmentation des lipoprotéines de très faible densité (Tharwat *et al.*, 2013). La diminution des **triglycérides** au cours de la lactation dans la présente étude a également été observée chez les chèvres Surti du 14^e au 45^e jours de lactation par rapport aux chèvres non gestantes (Manat *et al.*, 2016). Les résultats de cette étude n'ont montré aucun changement significatif dans les taux de **triglycérides** entre le début, le milieu et la fin de lactation, mais ils étaient plus élevés au stade tardif de lactation qu'au début de lactation. Contrairement à nos résultats, d'autres chercheurs ont signalé des variations non significatifs entre début, milieu et stade tardif de lactation chez les chèvres noires (Darwesh *et al.*, 2013) et chez les chèvres Valfortorina (Casamassima *et al.*, 2007), tandis que les **triglycérides** avaient tendance à augmenter à mesure que les chèvres Montefalcone avançaient dans leur lactation (Casamassima *et al.*, 2007). La diminution des taux de **triglycérides** pourrait être le résultat de l'utilisation de la mobilisation des réserves lipidiques pour la production de lait (Wangsheng *et al.*, 2014). La diminution des **triglycérides** au début de la lactation constatée dans la présente étude ne pouvait pas être un indicateur de déficit énergétique, car pendant cette période, le glucose n'a pas diminué en comparaison avec le stade avant gestation, ce qui signifie que les animaux étaient en état énergétique positif.

1.2.2. Paramètres du métabolisme protéique

La présente étude a révélé une différence non significative des taux d'**albumine** au cours de toute la période d'étude jusqu'à la fin de lactation et la période sèche. De même, des variations non significatives des taux d'**albumine** durant le post-partum par rapport à avant gestation ont été constatées chez les chèvres (Manat *et al.*, 2016). Balikci *et al.* (2007) ont également trouvé que les taux d'**albumine** chez les ovins ne différaient pas significativement entre la fin de gestation et le début de lactation. Contrairement à nos résultats, les

concentrations sanguines de protéines totales et d'**albumine** des chèvres pendant la période pré-partum étaient inférieures à celles de la période post-partum et ont ensuite diminué de façon spectaculaire en fin de lactation (Sadjadian *et al.*, 2013). Semblablement à nos résultats, Piccione *et al.* (2009) ont noté une augmentation de l'**albumine** plasmatique pendant la période sèche et en fin de lactation. Cependant, Karapehliyan *et al.* (2007) ont trouvé une diminution de l'**albumine** au cours de la période sèche en comparaison avec celle observée au début de lactation chez les brebis, et Bagnicka *et al.* (2014) ont signalé une diminution uniquement en fin de lactation chez les chèvres. En fin de gestation, le taux d'**albumine** se situait dans l'intervalle des valeurs de référence (Kaneko *et al.*, 2008), qui indiquait le bon état de santé de ces chèvres et restait intact et non affecté par la filtration glomérulaire. Contrairement à nos résultats, l'augmentation du volume sanguin total, surtout en fin de gestation, a entraîné une augmentation de la filtration glomérulaire, qui était également responsable de l'augmentation des valeurs d'**albumine** en fin de gestation (Yokus *et al.*, 2006). Piccione *et al.* (2009) ont signalé une augmentation significative de l'**albumine** sérique pendant la gestation par rapport à la période de diœstrus.

Pendant la lactation, la valeur la plus basse de **protéines totales** a été trouvée au stade tardif de lactation. Au stade tardif de lactation, les niveaux de protéines totales étaient inférieurs à ceux des autres périodes de lactation. Cependant, Darwesh *et al.* (2013) ont constaté une variation significative des protéines totales entre la 6^e semaine (début) et la 14^e semaine (milieu) de lactation chez les chèvres noires. Cependant, au début et au milieu de lactation, le contenu plasmatique en **protéines totales** était plus important qu'avant la gestation. Ces résultats sont en accord avec les résultats publiés par Sadjadian *et al.* (2013) chez les chèvres. Dans une autre étude (Manat *et al.*, 2016), la concentration des **protéines totales** n'a pas changé de manière significative à 21 jours après la parturition par rapport à avant la gestation. Concernant les variations de **protéines totales** entre la fin de la gestation et le début de lactation, des changements non significatifs ont été trouvés. En revanche, Sadjadian *et al.* (2013) ont démontré que les concentrations des protéines totales au cours des dernières semaines de gestation étaient inférieures à celles durant le post-partum. De plus, dans cette étude, la concentration plasmatique des **protéines totales** ne diffère pas significativement entre les chèvres gestantes et non gestantes. Les découvertes actuelles sont en accord avec un rapport précédent de Waziri *et al.* (2010), et contrairement à ce qui a été rapporté par Iriadam (2007). En général, une augmentation des **protéines totales** pendant la lactation (début et milieu lactation) par rapport à avant la gestation a été montrée. Ceci reflète

l'augmentation des globulines trouvée dans cette étude et également trouvée par Tharwat *et al.* (2013) résultant de la formation d'immunoglobuline, en particulier au cours du post-partum et les fortes exigences de la production laitière. Il n'y a pas eu d'augmentation significative au cours de ces deux périodes comparées en fin de gestation. Amer *et al.* (1999) ont constaté que toutes les protéines du lait ne sont pas formées à partir de la dégradation des protéines plasmatiques, mais toutes les principales protéines du lait sont formées à partir de précurseurs d'acides aminés libres dans le sang. De plus, les valeurs plasmatiques des **protéines totales** dans notre étude étaient dans l'intervalle de valeurs rapportées par Bagnika *et al.* (2014), Kaneko *et al.* (2008), et Sadjadian *et al.* (2013).

Il est intéressant de noter que les niveaux d'**urée** et de protéines totales ont augmenté en fin de lactation, lorsqu'elle est comparée avec avant gestation, fin de gestation et à la période sèche. Les niveaux d'**urée** ont culminé en fin de lactation et ils étaient plus faibles en fin de gestation par rapport au stade tardif de lactation. Des changements non significatifs ont été mis en évidence entre début, milieu et stade tardif de lactation, avant la gestation et en fin de gestation. De même, des changements non significatifs ont été trouvés chez les chèvres avant la gestation comparativement à la fin de la gestation (Waziri *et al.*, 2010) et à 21 jours de lactation (Manat *et al.*, 2016) chez les chèvres, et des changements non significatifs entre l'urée en fin de gestation et 45 jours post-partum chez les brebis Akkaraman (Balicki *et al.*, 2007). D'une manière similaire à nos résultats, la teneur en urée a considérablement augmenté en fin de lactation par rapport à la période sèche et avant la gestation (Balicki *et al.*, 2007). Cependant, les niveaux d'**urée** au 30^e jour de lactation étaient plus élevés que ceux de la période sèche chez les moutons (Karapehlivan *et al.*, 2007). L'augmentation de l'**urée** en fin de lactation pourrait s'expliquer par la diminution de la synthèse du lait, la diminution de la filtration glomérulaire, constatée chez les brebis (Rodriguez *et al.*, 1996), par l'augmentation de l'apport en protéines (ammoniac absorbé par le rumen) ou enfin par l'augmentation du catabolisme des acides aminés. Cependant, la diminution de l'**urée** au début, au milieu et au stade tardif de la lactation pourrait s'expliquer par l'augmentation de l'utilisation d'acides aminés chez les ruminants pour la synthèse des protéines du lait, ce qui entraîne une diminution de la concentration sérique en **urée** (Balicki *et al.*, 2007). Les résultats indiquent que les chèvres Arbia possèdent un potentiel élevé de conservation de l'azote en fin de gestation, au début et au milieu de la lactation.

Les concentrations plasmatiques de la **créatinine** étaient également significativement affectées par le stade physiologique de production, et elles ont atteint les valeurs les plus

élevées et les plus basses en fin de gestation, et en période sèche respectivement. En général, la **créatinine** a eu tendance à diminuer pendant la lactation, durant la période sèche et avant la gestation. De même, une augmentation de la **créatinine** en fin de gestation par rapport à avant la gestation a été signalée chez les ovins (EL-Sherif et Assad, 2001), alors que des changements non significatifs de ce paramètre sanguin entre ces deux périodes étaient observés chez les chèvres du Sahel (Waziri *et al.*, 2010). Contrairement à nos résultats, les niveaux de la **créatinine** étaient plus élevés en période sèche qu'en fin de gestation (Piccione *et al.*, 2009). Dans la présente étude, nous avons constaté que le taux élevé de la **créatinine** enregistré en fin de gestation était dans les valeurs normales trouvées par Waziri *et al.* (2010) durant la gestation. Ces découvertes suggèrent que les reins n'étaient pas cliniquement affectés et que leur fonction était bien adaptée à la gestation, et il y avait un catabolisme des protéines des muscles squelettiques et un développement de la musculature fœtale en fin de gestation (Kaneko *et al.*, 2008). D'autre part, pendant la période sèche, la diminution de la **créatinine** était due à la reconstitution des réserves corporelles et régénération du tissu mammaire.

1.2.3. Activité enzymatique d'ALT et d'AST

Alanine amino-transférase (**ALT**) et aspartate amino-transférase (**AST**) sont des enzymes cataboliques importantes, qui jouent un rôle important dans la fonction hépatique des animaux. Dans nos résultats, il y avait des changements non significatifs dans les deux enzymes d'avant la gestation à la fin de la gestation et au début de la lactation. Ces observations étaient en accord avec les résultats de Waziri *et al.* (2010) qui ont trouvé que l'activité d'**ALT** et d'**AST** ne différaient pas significativement avant et en fin de gestation chez les chèvres du Sahel. Cependant, par rapport à avant la gestation, Iriadam (2007) a signalé que les activités **AST** et **ALT** ont augmenté en fin de gestation et à 3 semaines post-partum. En revanche, Sadjadian *et al.* (2013) ont détecté des activités significativement plus faibles d'**AST** dans le plasma chez les chèvres avant le part, par rapport à celles en début de lactation. De manière similaire à nos résultats, Donia *et al.* (2014) ont également révélé que durant la lactation, les activités d'**ALT** et d'**AST** étaient comparables à celles d'avant la gestation. Cependant, tout au long de la première semaine de lactation, les activités d'**AST** et d'**ALT** étaient plus faibles chez les chèvres Angora que chez les chèvres Anglo-nubiennes, Baladi et Damas (Anwar *et al.*, 2012). Dans notre étude, l'**ALT** avait tendance à augmenter

significativement en fin de lactation, alors que la différence était non significative par rapport à avant la gestation et à la période sèche. Par conséquent, les différences entre les résultats et les valeurs peuvent être expliquées par l'effet de la race et du climat. De plus, les valeurs de l'activité d'AST et d'ALT se situaient dans l'intervalle de référence cité par Kaneko *et al.* (1997) chez le mouton et par Sadjadian *et al.* (2013) chez les chèvres (pour AST). La diminution des taux d'AST et d'ALT pendant la lactation par rapport à la période sèche ne pouvait pas être due à la malnutrition car la glycémie était bien maintenue. L'augmentation de l'activité AST dans le sang des chèvres pendant la période sèche indique une augmentation du métabolisme hépatique.

1.2.4. Paramètres du métabolisme minéral

Dans la présente étude, la plupart des minéraux ont été influencés de manière significative par les stades de production chez les chèvres Arbia. Les concentrations plasmatiques de calcium ont augmenté de manière significative seulement en fin de lactation par rapport aux autres périodes physiologiques étudiées. De même, Antunović *et al.* (2011a) ont trouvé des changements non significatifs entre les brebis non gestantes, gestantes et allaitantes. Chez les chèvres, en fin de gestation, les niveaux de **Ca** n'ont pas significativement changé par rapport à avant la gestation (Waziri *et al.*, 2010), et à 3 semaines post-partum (Azab et Abdel-Maksoud, 1999), tandis que chez les brebis non gestantes, la concentration de **Ca** était beaucoup plus élevée que celle enregistrée pendant la lactation (Antunović *et al.*, 2004). Contrairement à nos résultats, les niveaux de **Ca** ont montré des différences significatives entre avant la gestation, fin de la gestation et le début de la lactation chez les chèvres Kilis (Iriadam, 2007), et une diminution marquée en fin de gestation et à 3 semaines post-partum par rapport à avant la gestation chez les chèvres Baladi (Azab et Abdel-Maksoud, 1999). L'augmentation observée des taux de calcium en fin de lactation pourrait être attribuée à la faible demande de calcium pour la production laitière approchant la période sèche ou bien indiqué une augmentation de l'absorption intestinale du calcium. De plus, Bagnicka *et al.* (2014) ont également constaté un taux élevé de **Ca** en fin de lactation chez les chèvres traitées à la levure. Il est à noter que l'augmentation du **Ca** observée dans la présente étude était dans l'intervalle de référence (Kaneko *et al.*, 2008). Ivanov *et al.* (1990) ont rapporté que les taux de calcium dans le sérum étaient inversement proportionnels à la production laitière.

Les stades de la lactation n'ont pas affecté les concentrations plasmatiques de **phosphore inorganique**, et des changements non significatifs ont été observés entre avant la gestation, avant et après la parturition par Iriadam (2007). Cependant, des valeurs plus faibles de phosphore ont été rapportées par Ahmed *et al.* (2000) au début de lactation par rapport au milieu de lactation, et une augmentation après la mise bas par Tanritanir *et al.* (2009). Des variations non significatives en fin de gestation et au début de lactation par rapport à avant la gestation ont également été rapportées par Azab et Abdel-Maksoud. (1999). Dans cette étude, et au stade tardif de la lactation, le **Pi** a augmenté de manière significative par rapport à avant la gestation et pendant la période sèche. Mais les différences n'étaient pas significatives entre le stade tardif et la fin de la lactation. Ces résultats suggèrent que le métabolisme et l'homéostasie du phosphore était efficace chez les chèvres Arbia.

Ce qui est intéressant, c'est que les stades de la lactation n'ont pas influencé de manière significative sur les concentrations plasmatiques du **Na** et du **K**. Dans cette étude, le **Na** n'a pas changé de la fin de la gestation à la période sèche, mais son niveau au cours de ces différents stades était significativement plus élevé que celui enregistré au stade avant gestation. En revanche, dans l'étude de Waziri *et al.* (2010) chez les chèvres du Sahel, les niveaux de **Na** n'ont pas changé de manière significative entre la fin et avant gestation. De même, les concentrations de **K** ont montré des variations non significatives entre avant et fin de gestation (Waziri *et al.*, 2010; Azab et Abdel-Maksoud, 1999). Le début de la lactation a apporté une augmentation des taux plasmatiques du **Na** et du **K** par rapport à avant la gestation. Cependant, les concentrations de **Na** et de **K** n'ont enregistré aucun changement significatif entre la fin de la gestation et le début de la lactation par rapport à avant gestation (Azab et Abdel-Maksoud, 1999). Semblablement aux découvertes de Dakka et Abd EL-Aal (1992), les chèvres Arbia en gestation présentaient des concentrations plasmatiques du Na plus élevées qu'avant la gestation. Les teneurs plasmatiques en **Na** et **K** pendant la gestation et la lactation étaient dans les valeurs de référence (Mbassa et Poulsen, 1991; Kaneko *et al.*, 2008). Les concentrations plasmatiques de **chlorure** ont montré des variations non significatives entre toutes les périodes étudiées, à l'exception d'une diminution significative en fin de lactation par rapport au début de la lactation, mais les valeurs pour les deux périodes ont montré des variations non significatives par rapport aux autres périodes, ce qui signifie que l'absorption intestinale de **chlorure** pendant la lactation est bien maintenue. De même Bagnicka *et al.* (2014) ont constaté une diminution en fin de la lactation par rapport au début de lactation chez les chèvres témoins, mais récemment, Antunović *et al.* (2017) n'ont trouvé

aucun effet du stade de lactation sur les concentrations sanguines de **chlorure** chez des chèvres alpines.

La teneur plasmatique du **magnésium** était plus faible avant la gestation par rapport au début, stade tardif et fin de la lactation, et il a montré des changements non significatifs entre pré et fin de gestation. Tanritarin *et al.* (2009) ont également trouvé des changements non significatifs pour le **Mg** entre avant et après la parturition. En revanche, Azab et Abdel-Maksoud (1999) ont signalé une augmentation du **Mg** à 4 semaines pré-partum par rapport aux chèvres non gestantes. Dans cette étude, les stades de la lactation n'ont pas eu d'effet sur les concentrations de **Mg**, bien qu'il y ait eu un changement non significatif en fin de gestation. Il semble que les chèvres Arbia pourraient avoir une diminution de l'excrétion du magnésium dans les urines et le lait pour compenser la faible disponibilité de **Mg** dans leur fourrage (Pugh, 2011) si c'était le cas, ou bien ces résultats sont des valeurs physiologiques pour le **magnésium** chez les chèvres Arbia.

Selon nos données, chez les chèvres Arbia, les concentrations plasmatiques du **Fe** n'ont pas varié durant toute la période d'étude, sauf pour le stade milieu de lactation où nous avons enregistré la valeur la plus basse, qui peut être expliqué par un besoin accru en **Fe** pour la synthèse du lait. De manière similaire à nos résultats, les différences des niveaux du Fe entre la fin de la gestation et 3 semaines de la lactation n'étaient pas significatives (Azab et Abdel-Maksoud, 1999), ils ont diminué du 80^e au 140^e jour de lactation chez les chèvres laitières (Antunović *et al.*, 2017), et étaient significativement plus faibles dans le premier tiers de la lactation chez les ovins (Antunović *et al.*, 2011b). Contrairement à nos résultats dans des études précédentes sur des chèvres, le **Fe** a augmenté significativement après la parturition par rapport à la gestation (Tanritarin *et al.*, 2009) et a diminué de façon marquée en fin de gestation, au jour de la parturition et pendant les 3 semaines du post-partum par rapport à Avant la gestation (Azab et Abdel-Maksoud, 1999).

2. Résultats et discussion de la deuxième étude : Comparaison des paramètres sanguins, du NEC et du PV entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant différents stades de la lactation

2.1. Résultats

2.1.1. Comparaison des paramètres sanguins entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

L'étude statistique des variations des concentrations plasmatiques des différents paramètres biochimiques et minéraux étudiés, a montré des différences significatives des paramètres sanguins suivants : Glu, Créat, CHO, TRG, PT, Glb, Pi, Fe et K ; entre les chèvres Arbia primipares (PRIM) (chèvres en première lactation âgées d'une année, n=10) et les chèvres multipares (MULTI) (chèvres en 2^{ème} lactation ou plus et âgées entre 2 et 4 ans; dont 50% d'elles avaient des naissances gémellaires, n= 10) durant les différents stades de la période de la lactation : à la 3^{ème} (début de lactation : **DL**), 8^{ème} (milieu de lactation : **ML**), 12^{ème} (Stade tardif de lactation : **ST**), et 16^{ème} semaine de lactation (Fin de lactation : **FL**) ; et que la parité est sans effet sur le reste des paramètres étudiés (Figure 26- 44) au cours de chaque stade de la lactation.

2.1.1.1. Comparaison de la glycémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

Selon l'analyse statistique, les taux plasmatiques moyens du glucose observé chez les chèvres Arbia multipares ont été significativement ($p < 0,05$) plus faibles durant le stade début lactation et au stade tardif de lactation en comparaison avec ceux notés chez les chèvres primipares. En revanche, la différence est sans signification entre les deux groupes de chèvres durant les stades milieu et fin de la lactation (Figure 26).

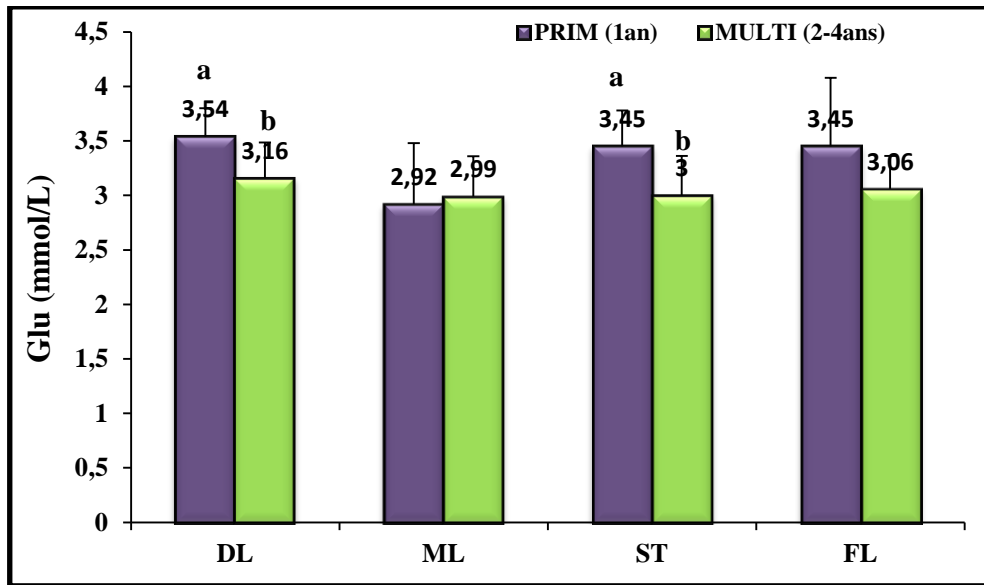


Figure 26: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmo/L) plasmatique du glucose(Glu) chez les chèvres Arbia PRIM et les chèvres MULTI durant la période de lactation.

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.1.2. Comparaison de la créatininémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

La créatininémie a été significativement plus augmentée chez les chèvres multipares que chez les chèvres primipares durant le stade fin de la lactation ($p < 0,05$). Par contre durant les stades début, milieu et stade tardif, nous n'avons pas enregistré de changements significatifs de la créatininémie entre les chèvres Arbia des 2 groupes, malgré une tendance à une augmentation de celle-ci observée chez les chèvres primipares (Figure 27).

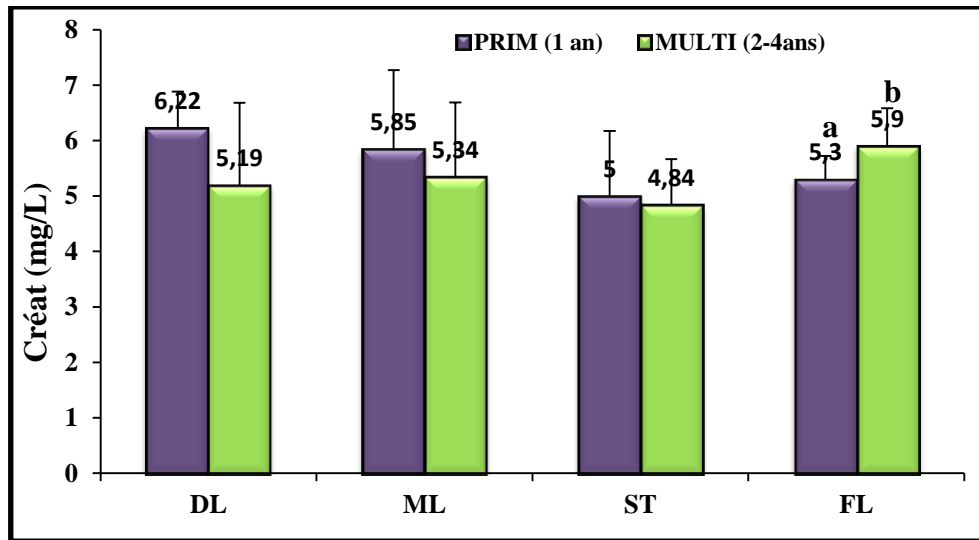


Figure 27: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mg/L) plasmatique de la créatinine (Créat) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation (DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.1.3. Comparaison de la protéinémie totale entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

Au stade milieu de la lactation, le niveau plasmatique moyen des protéines totales enregistré chez les chèvres multipares a été significativement ($p < 0,05$) plus élevé que celui noté chez les chèvres primipares. Durant les stades début, stade tardif et fin de lactation; les valeurs moyennes de ce métabolite étaient très rapprochées entre les 2 groupes de chèvres (Figure 28).

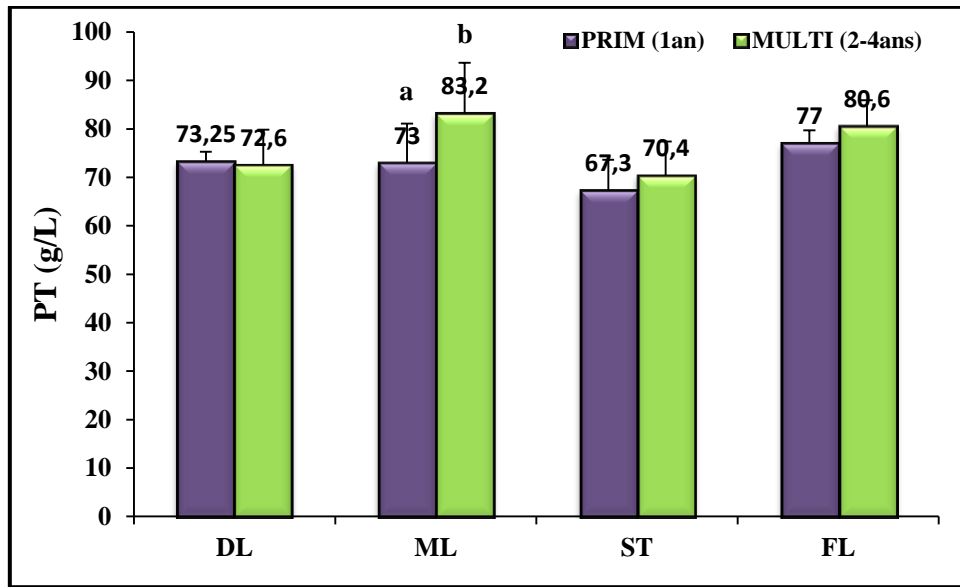


Figure 28: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (g/L) plasmatique des protéines totales (PT) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.1.4. Comparaison de l'albuminémie et l'urémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

Les taux plasmatiques moyens de l'albumine et de l'urée n'ont pas montré de variations significatives entre les chèvres primipares et les chèvres multipares et ceci durant les différents stades étudiés : début, milieu, stade tardif et fin de lactation ; bien que l'urémie et l'albuminémie ont été légèrement plus élevées chez les chèvres multipares au stade milieu de la lactation (Figure 29 et 30).

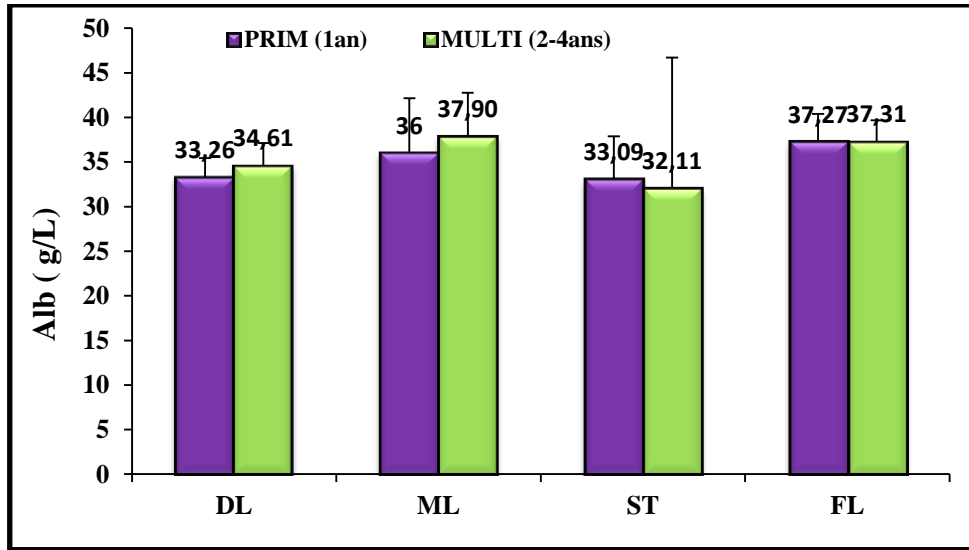


Figure 29: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (g/L) plasmatique de l'albumine (Alb) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

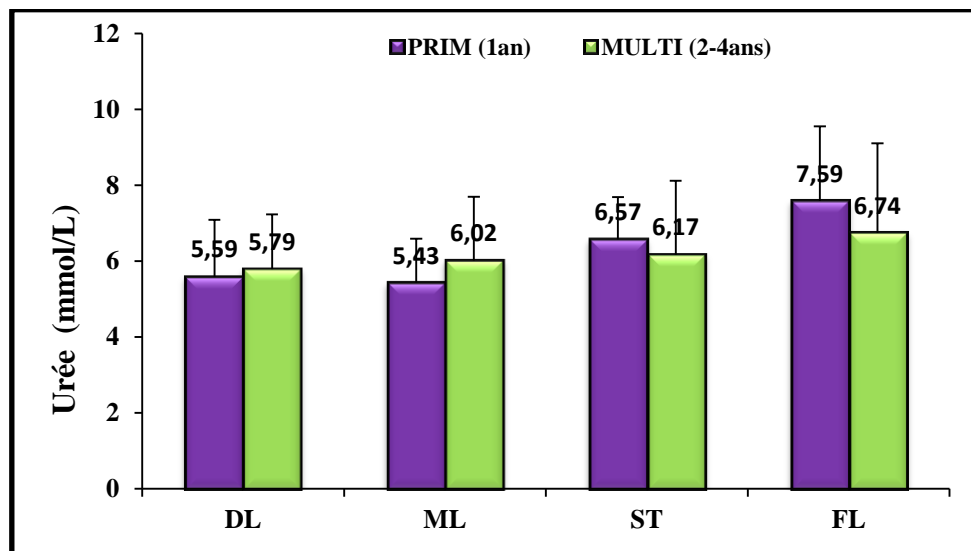


Figure 30: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique de l'urée (Urée) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.1.5. Comparaison de la globulinémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

Les valeurs moyennes du taux plasmatique des globulines enregistrées, chez les 2 groupes de chèvres primipares et multipares, durant les stades début, milieu et stade tardif de lactation; n'ont pas présenté de différences significatives, par contre durant le stade fin de lactation; la concentration plasmatique des globulines a été significativement ($p < 0,05$) plus augmentée chez les chèvres multipares en comparaison avec celle des chèvres primipares (Figure 31).

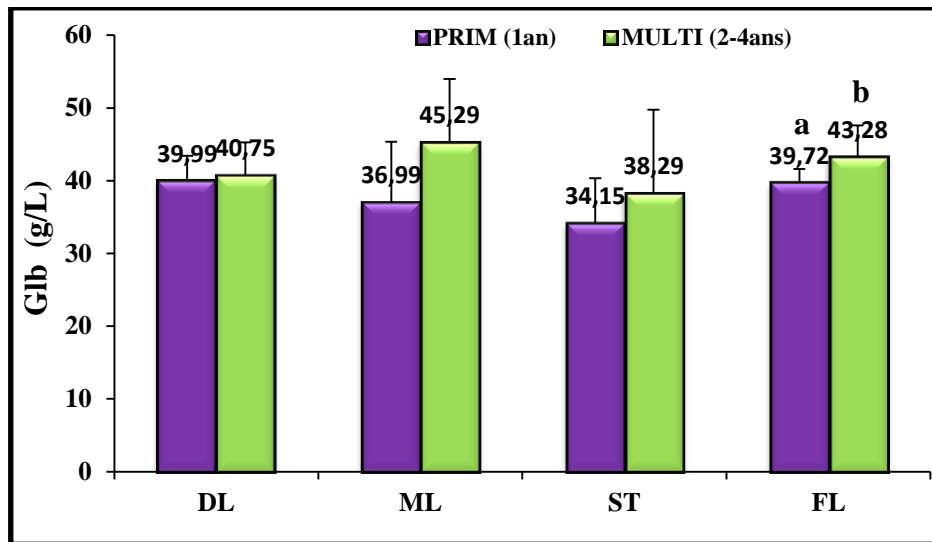


Figure 31: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (g/L) plasmatique des globulines (Glb) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.1.6. Comparaison de la cholestérolémie et la triglycéridémie entre les chèvres Arbia Primipares et multipares durant différents stades de la lactation

Durant les stades début, milieu et stade tardif de la lactation; il n'y a pas de différences significatives de la concentration plasmatique moyenne du cholestérol entre les deux groupes étudiés, par contre durant la période fin de lactation la cholestérolémie chez les chèvres multipares a été significativement ($p < 0,05$) plus élevée que celle des chèvres primipares (Figure 32). Pour les triglycérides ; le niveau plasmatique moyen noté chez les chèvres

Résultats et Discussion

primipares a été toujours le plus faible mais la différence n'était significative qu'au stade tardif de la lactation ($p < 0,05$) (Figure 33).

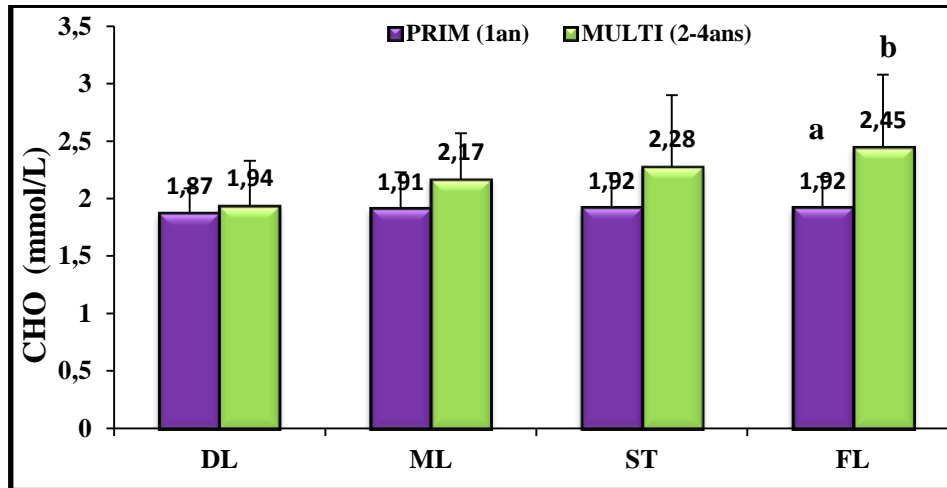


Figure 32: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique du cholestérol (CHO) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

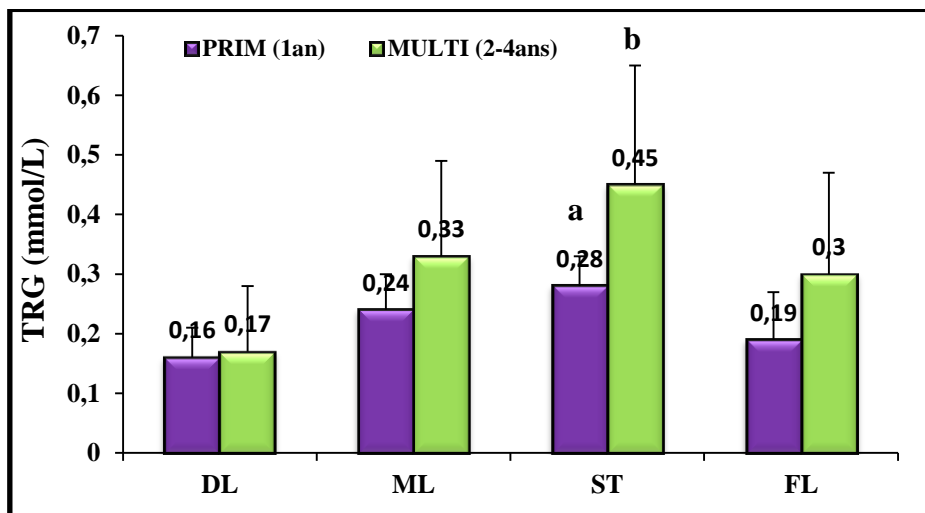


Figure 33: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique des triglycérides (TRG) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.1.7. Comparaison de l'activité enzymatique d'AST et d'ALT entre les chèvres Arbia Primipares et multipares durant différents stades de la lactation

En ce qui concerne l'activité enzymatique moyenne d'AST, nous n'avons pas observé de variation significative entre les deux groupes de chèvres durant les stades début, milieu, stade tardif et fin de la lactation (Figure 34). De même, l'étude statistique n'a pas révélé de changements significatifs concernant l'activité enzymatique ALT entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant les différents stades de la lactation, bien que la concentration plasmatique de l'activité ALT enregistrée chez les chèvres primipares fût plus basse que celle notée chez les chèvres multipares durant la période stade tardif (ST) de la lactation (Figure 35).

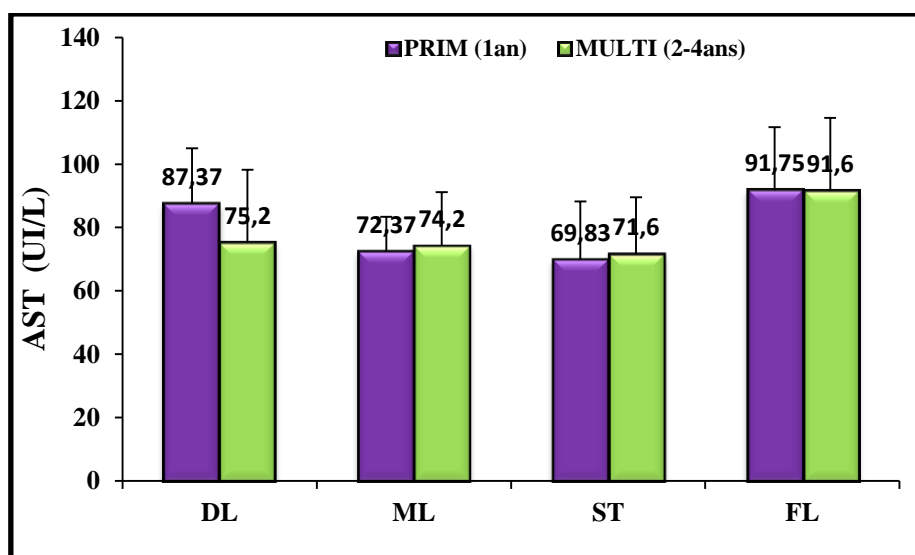


Figure 34: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (UI/L) plasmatique de l'activité d'AST chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

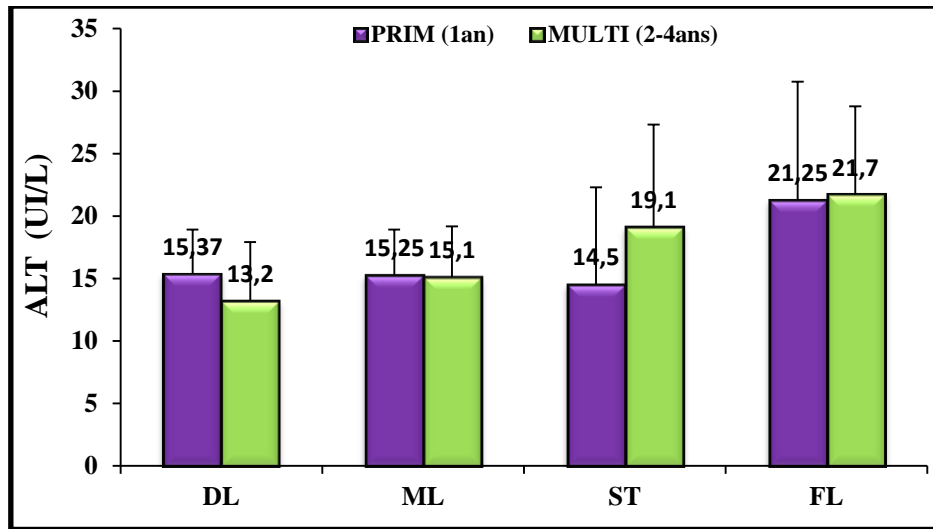


Figure 35: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (UI/L) plasmatique de l'activité ALT chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.1.8. Comparaison de la calcémie et de la magnésémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

Les variations de la calcémie et de la magnésémie entre les chèvres primipares et les chèvres multipares étaient non significatives durant les différents stades de la lactation (Figure 36 et 37) malgré une élévation des taux plasmatiques du calcium chez les chèvres primipares durant les stades : stade tardif et fin de lactation (Figure 38).

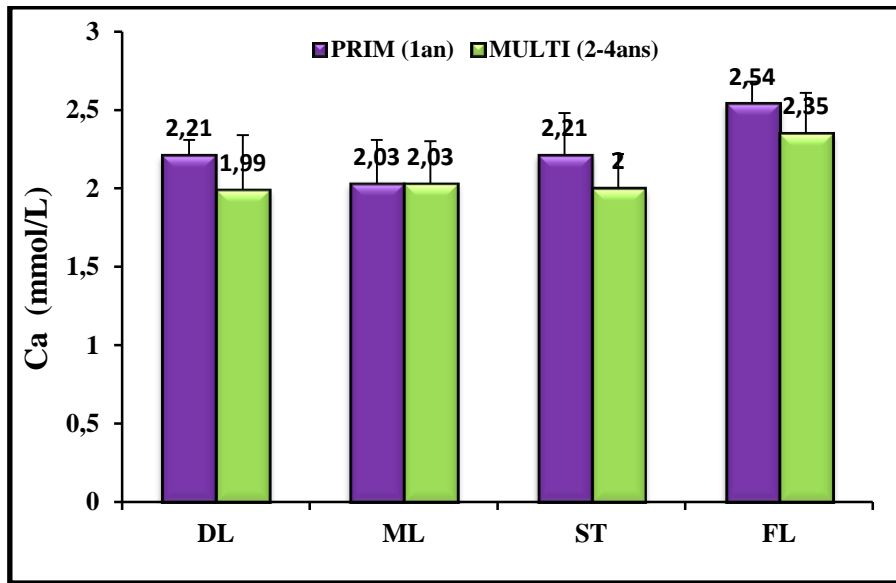


Figure 36: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmo/L) plasmatique du calcium (Ca) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

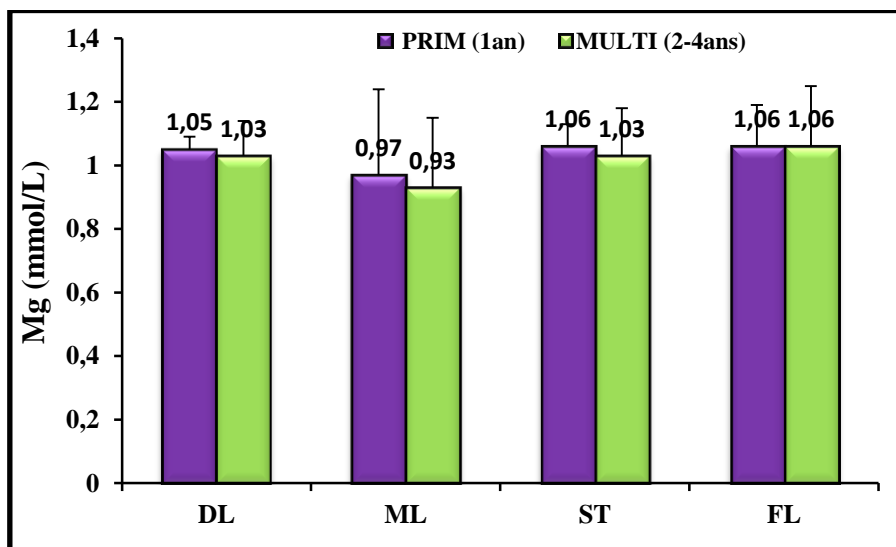


Figure 37: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmo/L) plasmatique du magnésium (Mg) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.2.9. Comparaison de la phosphorémie et la sidérémie entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

La concentration plasmatique moyenne du phosphore inorganique durant le stade tardif de lactation a été significativement ($p < 0,05$) plus élevée chez les chèvres primipares en comparaison avec celle des chèvres multipares. En revanche, les variations de la phosphorémie entre les 2 groupes de chèvres durant les stades début, milieu et fin de lactation étaient non significatives (Figure 38). Durant le stade début lactation, le taux plasmatique moyen du fer enregistré chez les chèvres primipares a été significativement ($p < 0,01$) plus augmenté que celui noté chez les chèvres multipares. Le contraire a été observé au milieu de lactation où les chèvres multipares ont présenté la valeur moyenne la plus élevée ($p < 0,05$), mais durant les autres stades de lactation (stade tardif et fin de lactation), on n'a pas enregistré de changements significatifs de ce paramètre entre les 2 groupes de chèvres étudiés (Figure 39).

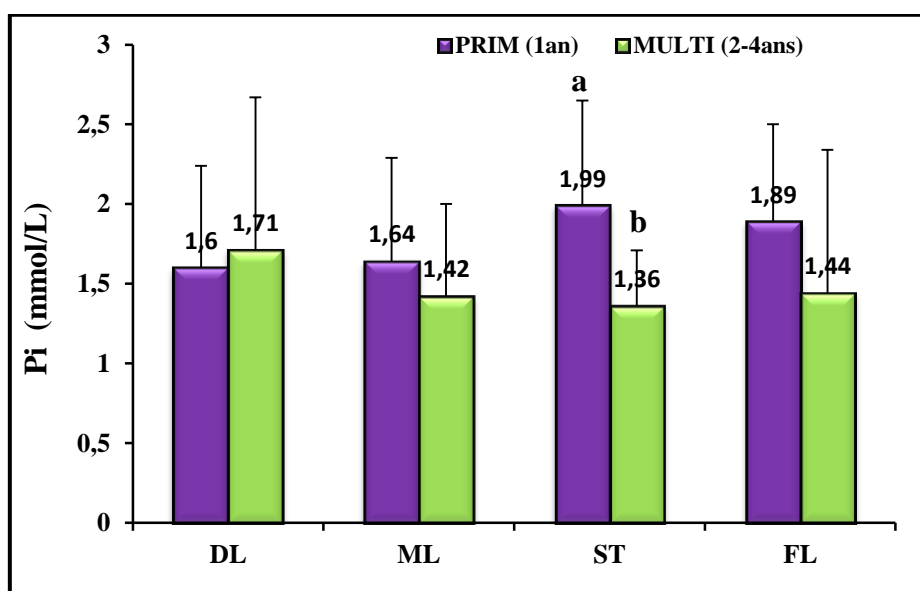


Figure 38: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique du phosphore inorganique (Pi) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

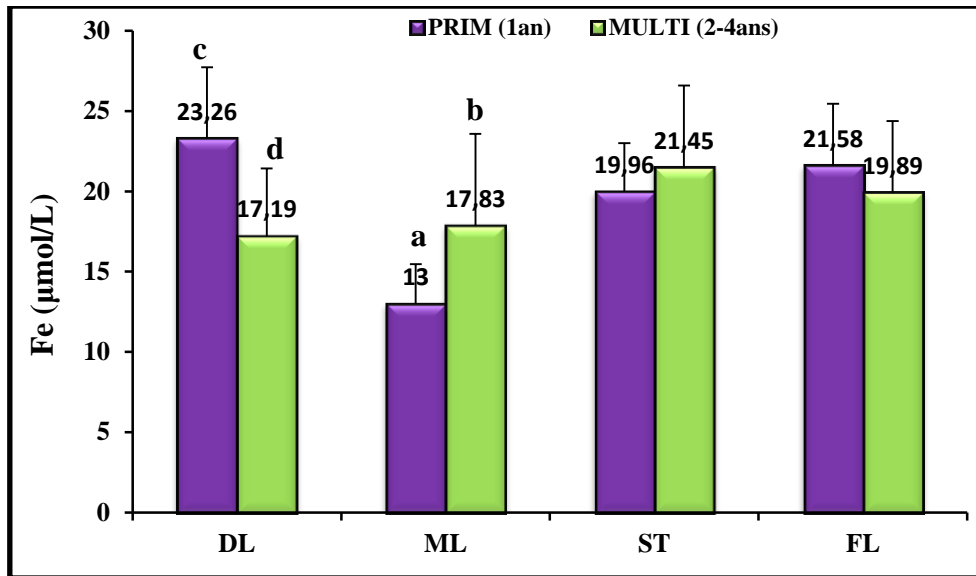


Figure 39: Moyenne (\pm écartype) de la concentration ($\mu\text{mol/L}$) plasmatique du fer (Fe) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation.

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.2.10. Comparaison de la natrémie (Na), la kaliémie (K) et la chlorémie (Cl) entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

L'étude statistique n'a pas montré de changement significatif du taux plasmatique moyen du sodium et du chlore entre les deux groupes des chèvres primipares et multipares durant les différents stades de lactation début, milieu, stade tardif et fin de lactation; malgré des élévations de la natrémie et de la chlorémie observées durant le stade fin de lactation chez les chèvres primipares et durant les stades milieu, stade tardif et fin de lactation chez les chèvres multipares (Figure 40 et 41). Pour le potassium, en comparant les niveaux plasmatiques moyens des chèvres primipares et multipares durant chaque stade de la lactation; la différence n'était significative qu'au stade milieu de lactation ($p < 0,05$) où le taux plasmatique du potassium était plus augmenté chez les chèvres multipares (Figure 42).

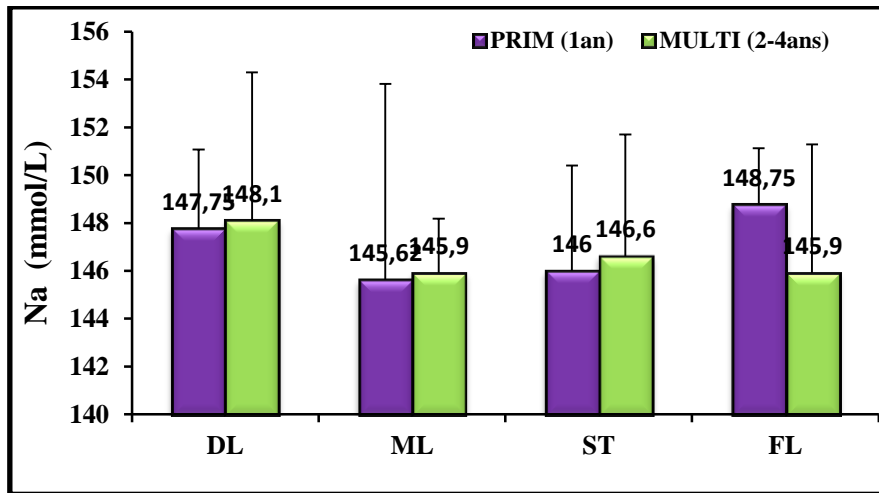


Figure 40: Moyenne (\pm écartype de la concentration (mmo/L) plasmatique du sodium (Na) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

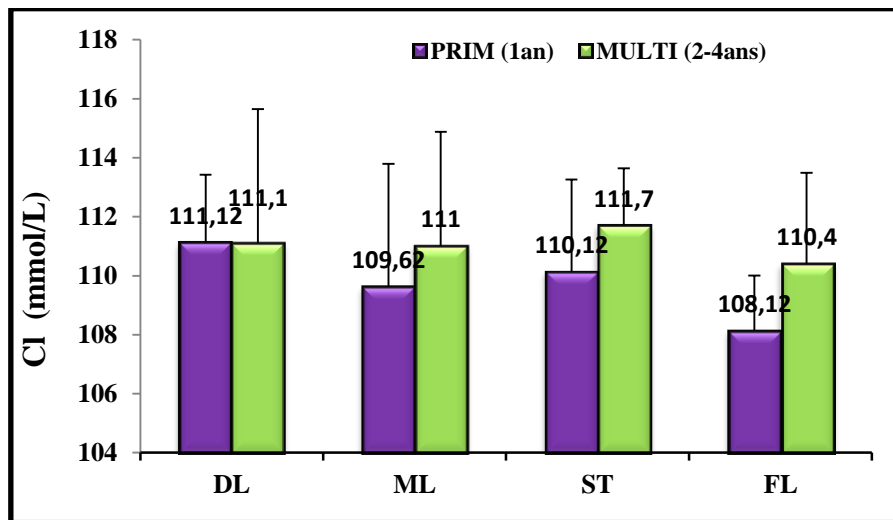


Figure 41: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique du chlore (Cl) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

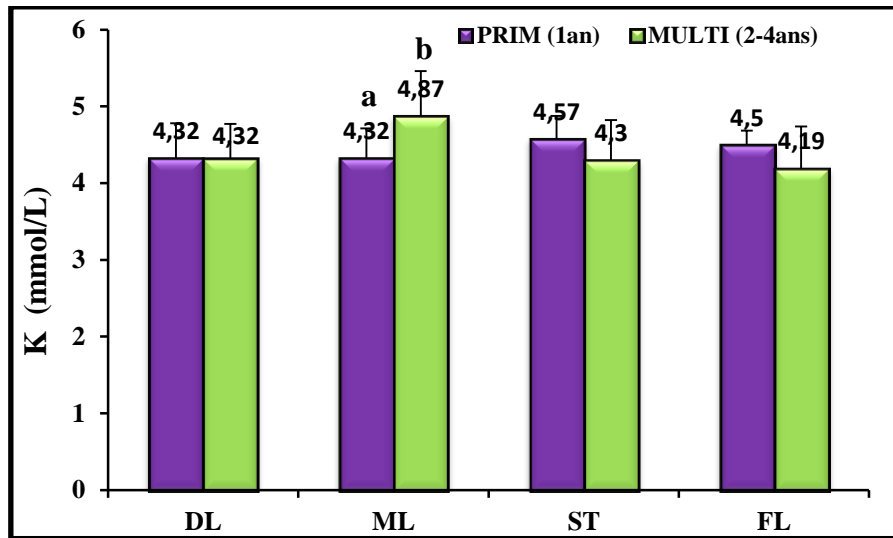


Figure 42: Moyenne (\pm écartype) de la concentration (mmol/L) plasmatique du potassium (K) chez les chèvres Arbia PRIM et MULTI durant la période de lactation

(DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

2.1.2. Comparaison de la NEC et du PV entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

2.1.2.1. Comparaison de la NEC entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

Nos résultats ont montré que la valeur moyenne de la note d'état corporel de toutes les chèvres confondues (primipares + multipares) diminue au milieu de la lactation (ML) en comparaison avec le début de lactation (DL), ensuite elle augmente aux stades tardif de (ST) et en fin de lactation (FL), mais cette variation reste sans signification ($p > 0,05$) entre les différents stades étudiés (Figure 43). De même, en étudiant l'évolution de la note d'état corporel au cours des différents stades de la lactation selon la parité des chèvres, nous n'avons pas noté de différence significative (Tableau 6). De plus, En comparant la note d'état corporel des chèvres Arbia primipares avec celle des chèvres multipares durant chaque stade de lactation ; nous n'avons pas trouvé de différence significative ($p > 0,05$) (Tableau 6).

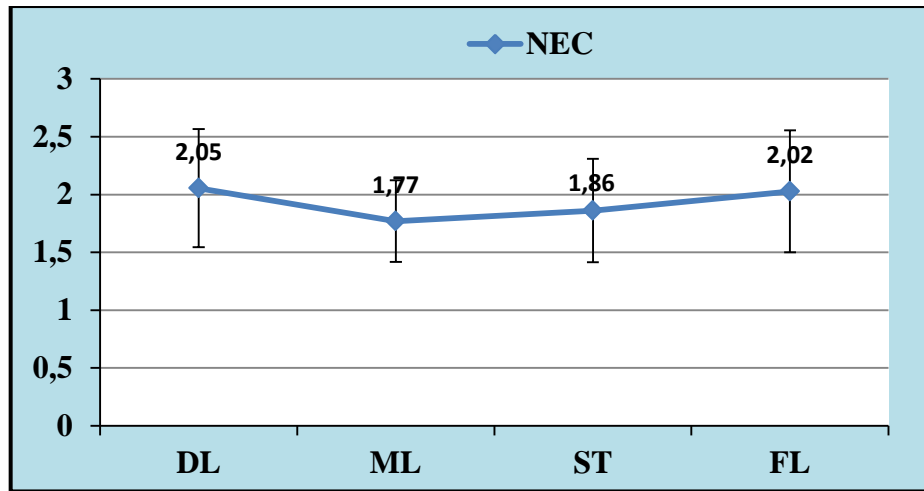


Figure 43: Evolution de la NEC (moyenne \pm écartype) durant la période de lactation chez les chèvres Arbia (PRIM + MULTI)

(NEC : note d'état corporel. DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin Lactation).

Tableau 6: Evolution de la note d'état corporel (NEC) (moyenne \pm écartype) durant les stades DL, ML, ST et FL de lactation chez les chèvres Arbia primipares et multipares.

	NEC des primipares (1 an)	NEC des multipares (2-4 ans)	Signification
	Moyenne \pm écart-type	Moyenne \pm écart-type	
Début Lactation	2,06 \pm 0,41	2,10 \pm 0,56	NS
Milieu Lactation	1,68 \pm 0,37	1,90 \pm 0,31	NS
Stade Tardif	1,62 \pm 0,35	2,00 \pm 0,47	NS
Fin Lactation	1,75 \pm 0,26	2,25 \pm 0,58	NS

NEC : note d'état corporel.. NS : non significatif.

2.1.2.2. Comparaison du PV durant la période de la lactation entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant différents stades de la lactation

Le poids vif (PV) moyen des chèvres Arbia (primipares + multipares) a connu certaines fluctuations durant la période de la lactation. Des élévations du poids vif moyen de toutes les chèvres ont été observées aux stades milieu et fin de lactation par rapport aux stades début et stade tardif de lactation respectivement mais sans aucune différence significative ($p > 0,05$) (Figure 44). En revanche, l'analyse statistique a montré que le poids vif moyen des chèvres primipares a augmenté significativement au stade fin de la lactation par rapport à celui enregistré au début et au stade tardif de la lactation ($p < 0,05$; $p < 0,01$ respectivement), par contre celui des chèvres multipares n'a pas présenté de changement significatif durant les différents stades de lactation étudiés (Tableau7).

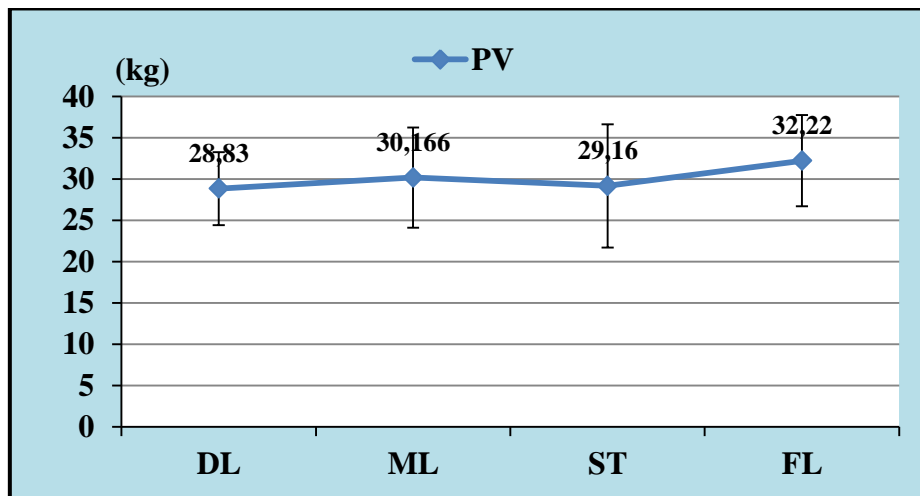


Figure 44: Evolution du poids vif (PV) (Kg) moyen (\pm écartype) durant la période de lactation chez les chèvres Arbia (PRIM + MULTI).

(PV : poids vif. DL, ML, ST et FL: Début, Milieu, Stade Tardif et Fin lactation).

2.Etude 2 : Comparaison des paramètres sanguins, de la NEC et du PV entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant différents stades de la lactation

Résultats et Discussion

Tableau 7: Evolution du poids vif (PV) (kg) durant la période de la lactation chez la chèvre Arbia en fonction de la parité.

	PV primipares (1 an)	PV multipares (2-4 ans)
	Moyenne ± écart-type	Moyenne ± écart-type
Début Lactation	25,37 ^a ± 1,40	31,6 ^a ± 4,06
Milieu Lactation	26,25 ^{ab} ± 1,58	33,3 ^a ± 6,566
Stade Tardif	24,75 ^{ba} ± 3,32	32,7 ^a ± 8,097
Fin Lactation	28 ^c ± 1,77	35,6 ^a ± 5,146

PV : poids vif. Les moyennes dans lamême colonne avec des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ($p < 0,05$).

2.1.3.Relation entre la note d'état corporel (NEC) et le poids vif (PV) et certains paramètres sanguins durant différents stades de lactation en fonction de la parité chez la chèvre Arbia

Les résultats des corrélations entre la note d'état corporel, le poids vif et certains paramètres sanguins chez la chèvre Arbia primipares et les chèvres multipares durant les différents stades de lactation sont représentés dans les tableaux 8 à 11.

Durant le stade début de lactation, il n'y a aucune corrélation entre la note d'état corporel des chèvres primipares et le poids vif et les paramètres sanguins suivants : glucose, créatinine, Urée, triglycérides, cholestérol, magnésium, sodium et le potassium. Par contre chez les chèvres multipares, le test de Pearson a montré l'existence d'une corrélation significative négative entre la note d'état corporel et le potassium ($r = - 0,695$; $p = 0,026$) (Tableau 8).

Tableau 8: Coefficient de corrélation de Pearson entre la NEC et certains paramètres plasmatiques et le PV chez la chèvre Arbia primipares et multipares au cours du stade DL de lactation

Paramètre	NEC primipares (DL)		NEC multipares (DL)	
	Coefficient de corrélation	Signification	Coefficient de corrélation	Signification
Glu	r = 0,183	NS	r = - 0,285	NS
Créat	r = 0,097	NS	r = 0,590	NS
Urée	r = - 0,239	NS	r = - 0,277	NS
TRG	r = 0,330	NS	r = - 0,356	NS
CHO	r = 0,225	NS	r = 0,066	NS
Mg	r = - 0,009	NS	r = 0,226	NS
Na	r = - 0,502	NS	r = - 0,181	NS
K	r = 0,028	NS	r = - 0,695	p < 0,03
Poids vif	r = - 0,410	NS	r = 0,283	NS

DL : début de lactation, NS : non significatif.

Une corrélation significative négative a été notée durant le stade milieu de lactation; entre la note d'état corporel des chèvres primipares et l'urée ($r = - 0,793$; $p = 0,019$) et entre la note d'état corporel des chèvres primipares et le potassium ($r = - 0,73$; $p = 0,040$). Les chèvres multipares, par contre, ont présenté des corrélations significatives entre leur note d'état corporel et les paramètres suivants : le magnésium ($r = 0,765$; $p = 0,010$), le sodium ($r = - 0,743$; $p = 0,014$), et le potassium ($r = - 0,687$; $p = 0,028$) (Tableau 9).

Tableau 9: Coefficient de corrélation de Pearson entre la NEC et certains paramètres plasmatiques et le PV chez la chèvre Arbia primipares et multipares au cours du stade ML de lactation

Paramètre	NEC primipares (ML)		NEC multipares (ML)	
	Coefficient de corrélation	Signification	Coefficient de corrélation	Signification
Glu	r= - 0,112	NS	r= 0,042	NS
Créat	r= - 0,142	NS	r= 0,540	NS
Urée	r= - 0,793	p<0,02	r= 0,335	NS
TRG	r= - 0,272	NS	r= - 0,366	NS
CHO	r= - 0,284	NS	r= 0,048	NS
Mg	r= - 0,082	NS	r= 0,765	p<0,02
Na	r= 0,120	NS	r= - 0,743	p <0,02
K	r= - 0,73	p< 0,05	r= - 0,687	p<0,03
Poids vif	r= 0,395	NS	r= 0,624	NS

ML : milieu de lactation. NS : non significatif.

Au cours du stade tardif de la lactation, une corrélation significative positive a été observée entre la note d'état corporel des chèvres multipares et la créatinine ($r = 0,656$; $p = 0,039$) par contre chez les chèvres primipares la NEC n'a présenté aucune corrélation avec les paramètres étudiés (Tableau 10). Tandis que durant le stade fin de la lactation; diverses corrélations significatives ont pu être enregistrées ; chez les chèvres primipares dont la note d'état corporel est fortement et négativement liée avec l'urée ($r = - 0,939$; $p = 0,001$) ; et chez les chèvres multipares où la note d'état corporel est positivement liée avec les paramètres suivants : la créatinine ($r = 0,647$; $p = 0,043$) et le poids vif ($r = 0,696$; $p = 0,025$) (Tableau 11).

2. Etude 2 : Comparaison des paramètres sanguins, de la NEC et du PV entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant différents stades de la lactation

Résultats et Discussion

Tableau 10: Coefficient de corrélation de Pearson entre la NEC et certains paramètres plasmatiques et le PV chez la chèvre Arbia primipares et multipares au cours du stade ST de lactation

Paramètre	NEC primipares (ST)		NEC multipares (ST)	
	Coefficient de corrélation	Signification	Coefficient de corrélation	Signification
Glu	r= - 0,282	NS	r= - 0,062	NS
Créat	r= - 0,224	NS	r= 0,656	p<0,05
Urée	r= - 0,357	NS	r= 0,226	NS
TRG	r= - 0,032	NS	r= 0,014	NS
CHO	r= 0,295	NS	r= - 0,102	NS
Mg	r= - 0,650	NS	r= 0,491	NS
Na	r= 0,367	NS	r= - 0,164	NS
K	r= - 0,302	NS	r= - 0,218	NS
Pods vif	r= 0,152	NS	r= 0,616	NS

ST : stade tardif de lactation. NS : non significatif.

Tableau 11: Coefficient de corrélation de Pearson entre NEC et certains paramètres plasmatiques et le PV chez la chèvre Arbia primipares et multipares au cours du stade FL de lactation

Paramètre	NEC primipares (FL)		NEC multipares (FL)	
	Coefficient de corrélation	Signification	Coefficient de corrélation	Signification
Glu	r= 0,189	NS	r= - 0,014	NS
Créat	r= 0,063	NS	r= 0,647	p<0,05
Urée	r= - 0,939	p<0,002	r= - 0,129	NS
TRG	r= 0,410	NS	r= 0,514	NS
CHO	r= 0,164	NS	r= 0,371	NS
Mg	r= - 0,248	NS	r= 0,080	NS
Na	r= - 0,338	NS	r= 0,061	NS
Poids vif	r= 0,603	NS	r= 0,696	p<0,03

FL : fin de lactation. NS : non significatif.

2.2. Discussions

2.2.1. Comparaison des taux plasmatiques du glucose, des triglycérides, du cholestérol, de la NEC et du PV entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant la période de lactation

La lactation présente un moment métabolique très important (Zumbo *et al.*, 2007). Le **glucose** circulant est le nutriment primaire pour la synthèse du lait dont la majeure partie est utilisée par la glande mammaire pour la production du lactose (Bell et Bauman, 1983).

Ainsi la diminution de la glycémie notée chez les chèvres multipares est probablement la conséquence des besoins énergétiques élevés de la lactation et la production du lactose du lait chez celles à production laitière élevée (Ingvartsen et Andersen, 2000; (Agnihotri et Rajkumar, 2007 ; Idowu et Adewumi, 2017), et qui est probablement due à l'augmentation de l'accumulation des alvéoles mammaires des lactations précédentes jusqu'à ce que le processus est interrompu par des avances en âge (Knight et Peaker, 1982). Il a été noté que la production laitière augmente avec le nombre de parité durant les premiers 95 à 116 jours de lactation (Lu, 1989). Zarrouk *et al.* (2001) ont rapporté que la production maximale moyenne est de 3,5 kg pour les adultes et de 2,7 kg pour les primipares et qu'elle apparaît plus tôt chez les adultes (30 jours post partum) que chez les primipares (50 jours post partum). Des résultats similaires ont été observés chez les vaches laitières (Janovick *et al.*, 2011).

Le processus s'avère différent chez les chèvres primipares. Magistrelli et Rosi (2014) ont noté des élévations de la glycémie associées à des concentrations plus faibles des acides gras non estérifiés (AGNE) chez les chèvres primipares en comparaison avec celles des multipares durant le début de la lactation. Cette stratégie métabolique va limiter tant la mobilisation des réserves corporelles que la capture de nutriments de la lactation par la glande mammaire, fournissant ainsi des éléments nutritifs pour le développement physique et physiologique des chèvres primipares (Shelton, 1978; Wathes *et al.*, 2007); puisque ces femelles sont encore immature à leur première saison de la reproduction (dans la présente recherche les chèvres primipares sont âgées d'une année) et que la croissance se poursuit après la première et même la seconde mise-bas de la chèvre (Puillet *et al.*, 2008 cité par Sauvant et Giger-Reverdin, 2018). De plus, le développement incomplet de la glande mammaire chez les chèvres primipares, va donner lieu à une plus faible absorption de **glucose** mammaire qui s'est traduite par une plus grande concentration de **glucose** au début de la lactation. Magistrelli et Rosi (2014) ont observé que juste après la parturition, le glucose plasmatique diminue dans les

deux groupes de chèvres Saanen (primipares et multipares) mais restait à des niveaux plus élevés chez les primipares que les chèvres multipares du 3^e jour jusqu'au 14^e jour post-partum. De même, Radin *et al.* (2015) ont rapporté que le niveau plasmatique du **glucose** était plus élevé à 14 jours post-partum chez les chèvres primipares que chez les 2 autres groupes de parité (MID et MULTI) et à 28 jours post-partum chez les chèvres primipares et MID (à la 2^e ou 3^e mise bas) que chez les chèvres multipares (≥ 4). En revanche Samardžija *et al.* (2013) ont déclaré que la parité n'a pas influencé la concentration du **glucose** dans le sérum sanguin des chèvres. Il est à noter que malgré l'enregistrement des glycémies plus faibles chez les chèvres multipares par rapport aux chèvres primipares durant les stades début et stade tardif de lactation, ces valeurs sont restées toujours incluses dans les intervalles de référence cités dans la littérature (Kaneko *et al.*, 2008), de ce fait les chèvres Arbia ne sont plus en déficit énergétique à ce stade (DL = 3 semaines de lactation). Les présents résultats montrent que la chèvre Arbia a pu échapper rapidement du déficit énergétique qui est inévitable au post-partum, et les résultats de la présente recherche concernant l'évolution du poids vif et la note d'état corporel des animaux pendant les différents stades étudiés de lactation peuvent le confirmer.

Durant les stades début et milieu de la lactation; la **triglycéridémie** chez les chèvres multipares a une tendance d'être plus élevée que chez les primipares mais le processus est sans signification. La même observation a été notée chez les chèvres Saanen où les valeurs moyennes de triglycérides ont été similaires chez les chèvres primipares et multipares durant la période allant du 1^e au 28^e jour post-partum (Radin *et al.*, 2015), et chez les chèvres Allemandes à 20 et à 40 jours post-partum (Samardžija *et al.*, 2013). En revanche, Mundim *et al.* (2007) ont trouvé des triglycéridémies significativement plus élevées chez les chèvres Saanen en première et en troisième lactations en comparaison avec celles en deuxième lactation. Dans notre recherche le taux plasmatique des **triglycérides** enregistré au stade tardif de la lactation était plus élevé chez les chèvres multipares que celui noté chez les chèvres primipares. Des élévations du niveau des triglycérides chez des chèvres multipares ont été également notées à partir du 120 jours post-partum par Cabiddu *et al.* (1999), ce qui pourrait être dû à une moindre absorption par la glande mammaire par rapport à la production de lait (synthèse des matières grasses du lait) d'un côté et de l'augmentation de la consommation de la matière sèche durant cette période de l'autre côté (Lu, 1989).

Les chèvres multipares ont présenté des valeurs moyennes du **cholestérol** total plasmatique plus élevées que celles des chèvres primipares durant les stades début, milieu, et stade tardif de la lactation mais sans aucune signification. Par contre, la différence est significative en fin de la lactation. Nos résultats s'accordent avec ceux de Mbassa et Poulsen (1991) qui ont indiqué que l'augmentation du niveau plasmatique de ce métabolite durant la lactation est directement proportionnelle avec la parité. Par contre Samardžija *et al.* (2013) n'ont pas mentionné d'effet de parité sur les variations de ce métabolite durant la période de la lactation.

Sauvant et Giger-Reverdin (2018) indiquent que le **poids vif** de la chèvre à un moment donné du cycle de production dépend ainsi du poids vif juste après la mise-bas qui varie à son tour selon la race et la parité. Cette relation du **poids vif** avec le **poids vif** à la mise bas a été également constatée par Sauvant *et al.* (2012) qui rapportent que la perte de **poids vif** n'est pas influencée par la parité ou le niveau de production de lait, elle est plutôt plus importante pour les chèvres plus lourdes à la mise bas (0,14 kg/kg PVmb) et elle varie faiblement, mais significativement en fonction du nombre de chevreaux mis bas. Ainsi, les variations individuelles de la perte du **poids vif** au début de lactation peuvent aller de 0 à plus de 20 kg de **poids vif** et que le minimum du poids vif est atteint vers le 50^e jour de lactation mais peut varier de moins de 20 jours à plus de 80 jours. De ce fait, dans la présente recherche, l'augmentation du **poids vif** des chèvres primipares au stade fin de la lactation pourrait être due à l'augmentation du gain de **poids vif** quotidien (GPV) qui se produit lorsque les animaux atteignent leur DMI (Matière Ingérée Digestible) maximum ; celle-ci se produit normalement entre 8 et 12 semaines après la mise bas (Lu, 1989). De plus Sauvant *et al.* (2012) rapportent qu'en raison de la croissance ; le gain de poids vif quotidien estimé entre la 7^e et la 27^e semaine de lactation est plus important pour les chèvres en première lactation (40,4 g/j) et en deuxième lactation (25,2 g/j) que pour les lactations suivantes (14,8 g/j). Ils évoquent même l'effet de la race; les chèvres Saanen présentent un gain de poids vif quotidien plus important que les Alpines (+ 9,5 g/j) ce qui contribue à l'augmentation de leurs poids vif.

La courbe d'évolution de la **note d'état corporel** est influencée par plusieurs facteurs. Outre la nutrition, il y a le génotype, l'âge, le sexe, le stade physiologique et les conditions environnementales (Samardžija *et al.*, 2013), le niveau de production, le poids de la portée, et le système alimentaire (Le Frileux *et al.*, 1995). Les notes d'état corporels moyennes enregistrées chez la chèvre Arbia sont plus basses par rapport aux valeurs de référence cités

par Morand-Fehr *et al.* (1991). Cependant, Greppi *et al.* (1996), ont rapporté que malgré une note d'état corporel correspondant à celle d'animaux dont l'état nutritionnel est insuffisant ; les races rustiques autochtones présentent des performances de production et de reproduction élevées. Donc cela peut confirmer la nécessité de valeurs de référence de la note d'état corporel attribuées à chaque race. L'évolution de **la note d'état corporel** chez les chèvres primipares ne s'accorde pas avec celle démontrée chez les chèvres primipares de faible production laitière mais surtout chez les fortes productrices par Pazzola *et al.* (2011) où la note d'état corporel était plus faible en fin de lactation (165j) par rapport au début (45 j), mais elle s'accorde avec leurs résultats observés chez les chèvres primipares de production laitière moyenne durant les stades : 45, 75, 105, 135 et 165 jours de lactation. Il ressort de la présente recherche que la chèvre Arbia présente certaines caractéristiques très spécifiques vis-à-vis de l'évolution du poids vif et de la note d'état corporel qui sont liés à ses propres performances productives liée à leur adaptation physiologique au système d'élevage traditionnel dans les zones semi-arides.

2.2.2. Comparaison de la protéinémie, l'urémie, la créatininémie et l'activité enzymatique d'ALT et d'AST entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant la période de lactation

Pour les **protéines totales**, l'augmentation de la valeur plasmatique moyenne observée chez les chèvres multipares au stade milieu de la lactation par rapport à celle des chèvres primipares peut être liée à la production laitière plus élevée chez les chèvres multipares car la glande mammaire utilise de grandes quantités de protéines pour la production du lait durant la lactation (Quiroz-R, 2009) et donc d'une mobilisation des protéines musculaires. Sauvant et Giger-Reverdin (2018) rapportent que la parité a un effet significatif sur les caractéristiques de la lactation, et que la production laitière augmente d'environ 100 kg de lait entre la première et la seconde lactation ensuite elle diminue régulièrement. Ils signalent même l'effet de la race pour la teneur en constituants du lait : le taux protéique (TP) et le taux butyrique (TB).

Durant le présent travail, le niveau plasmatique moyen de l'**urée** est semblable chez les chèvres primipares et multipares durant les différents stades de lactation malgré une tendance à une diminution de ce taux chez les chèvres multipares en comparaison avec les chèvres primipares durant le stade tardif et la fin de la lactation. La même constatation a été déclarée

par Radin *et al.* (2015) à 28 jours post-partum. Cependant, Mbassa et Poulsen (1991) ont trouvé que la diminution de la concentration plasmatique de l'**urée** chez les chèvres au début et au milieu de lactation est directement proportionnelle à la parité ; alors plus la parité est élevée plus l'urémie est diminuée. Comme l'urée plasmatique dépend fortement de l'apport en protéines, c'est un outil utile pour surveiller les effets de la restriction alimentaire en protéines (Devaux *et al.*, 1996 cité par Kaneko *et al.*, 2008). Ce qui nous permet de déduire que les besoins protéiques chez la chèvre Arbia pendant la lactation sont couverts du moment que les valeurs moyennes de l'**urémie** sont restées dans les limites de références cités dans la littérature (Kaneko *et al.*, 2008); et que la fonction hépatocellulaire est intacte aussi bien chez les chèvres primipares que chez les chèvres multipares (Kaneko *et al.*, 2008).

La **créatinine**, une substance azotée non protéique dérivée du catabolisme de créatine et de créatine-phosphate, une molécule stockant l'énergie principalement présente dans les muscles squelettiques (Kaneko *et al.*, 2008), est filtrée par les glomérules, et excrétée dans l'urine (Gartner *et al.*, 1987 cité par Kaneko *et al.*, 2008). La sécrétion de la créatinine par transport actif dans le tubule proximal a été rapportée également chez la chèvre (Ladd *et al.*, 1957 cité par Kaneko *et al.*, 2008). De ce fait, La créatinine plasmatique est le marqueur indirect le plus efficace de la vitesse de la filtration glomérulaire (GFR) chez les mammifères (Kaneko *et al.*, 2008). Le taux moyen de la créatininémie observé en fin de lactation (FL) était plus élevé chez les chèvres multipares que celui noté chez les chèvres primipares. De même, Mbassa et Poulsen, (1991) ont enregistré une augmentation de la créatininémie en fin de lactation qui était plus grande chez les chèvres de parité plus élevée que dans d'autres. De plus, la **créatinine** était modérément à significativement plus faible chez les jeunes que chez les chèvres Landraces Danoises âgées (Mbassa et Poulsen, 1993). Les présents résultats concernant les valeurs moyennes de la **créatinine** montrent que la fonction rénale des chèvres Arbia était bien maintenue durant la période de lactation. On pourra également déduire qu'il n'y avait pas de mobilisation accrue des réserves corporelles.

L'alanine transaminase (**ALT**) est une enzyme de diagnostic importante, utilisée comme marqueur des dommages au foie chez les petits animaux (Kaneko *et al.*, 2008). Dans la présente recherche, on n'a pas enregistré de variation significative durant la période de lactation de l'activité **AST** et **ALT** ainsi que de l'**albumine**, entre les chèvres Arbia primipares et les chèvres multipares. Nos résultats concernant l'**albumine** et l'activité **AST** sont en accord avec ceux déclarés par Djuricic *et al.* (2011) qui n'ont pas trouvé de variation

significative de ces métabolites durant les 40 jours post-partum entre les chèvres primipares et multipares chez les deux races Boer et Saanen.

2.2.3. Comparaison des taux plasmatiques du calcium, du phosphore inorganique, du fer, du magnésium, du sodium, du chlore et du potassium entre les chèvres Arbia primipares et multipares durant la période de lactation

Concernant le **calcium**, les variations entre les chèvres primipares et multipares étaient sans signification durant les différents stades de lactation : début, milieu, stade tardif et fin de la lactation. De même, Samardžija *et al.* (2011) n'ont pas trouvé de différences significatives entre les concentrations plasmatiques du calcium des primipares et multipares chez les chèvres Boers et les chèvres allemandes croisées durant les premiers 40 jours de lactation. Les valeurs moyennes du calcium notées chez les chèvres Arbia au stade début, milieu et stade tardif de lactation sont inférieures par rapport à l'intervalle de référence de Kaneko *et al.* (2008) mais celles notées au stade fin de la lactation sont incluses dans l'intervalle de référence (Kaneko *et al.*, 2008). Il est connu qu'une hypocalcémie modérée est inévitable durant le puerpérium (Ahmed *et al.*, 2000 ; Krajnicakova *et al.*, 2003 ; Ouedraogo *et al.*, 2008) et que la chèvre, contrairement aux ovins, répond rapidement à la demande élevée en calcium (Liesegang, 2008) par une homéostasie corporelle en augmentant ainsi la mobilisation du calcium osseux et la réabsorption gastro-intestinale. De plus, Krajničakova *et al.* (2003) ont rapporté que l'hypocalcémie puerpérale pouvait être liée à la taille de la portée ou au nombre de nouveaux-nés allaités. Par contre Samardžija *et al.* (2011) ont signalé le contraire chez les deux races de chèvres Boers et les chèvres allemandes croisées. Contrairement à nos résultats ; Ahmed *et al.* (2000) ont rapporté qu'au début de lactation, le niveau plasmatique du **calcium** est plus faible chez les chèvres primipares que celui des chèvres en deuxième et en troisième lactation, par contre durant le milieu de lactation les variations étaient sans signification entre les primipares et les multipares (le cas de la présente étude). Au contraire, Kume *et al.* (1998) ont signalé une diminution de la concentration plasmatique du **calcium** chez la vache à mesure que la parité augmente.

Les résultats du présent travail ont montré que durant les stades début, milieu et fin de la lactation, il n'y a pas de changement significatif de la concentration plasmatique moyenne du **phosphore inorganique** entre les deux groupes de parité (primipares et multipares). Les mêmes observations ont été signalées au début et au milieu de lactation (jusqu'au 50^e jours

post-partum) chez la chèvre Nubienne (Ahmed *et al.*, 2000), et chez la vache (Kume *et al.*, 1998). Dans le présent travail et durant le stade tardif de lactation, les chèvres Arbia multipares ont montrés une valeur moyenne plus faible du **phosphore inorganique** en comparaison avec celle des chèvres primipares. Les mêmes constatations ont été déclarées chez les chèvres Boers et les chèvres allemandes croisées durant les premiers 40 jours de lactation (Samardžija *et al.*, 2011). Cette diminution pourrait être expliquée par le fait que durant la seconde partie de lactation (après le pic de lactation) où l'exportation minérale (et donc du phosphore) dans le lait est moindre ; les chèvres multipares reconstituent leurs réserves minérales osseuses qui ont été mobilisées au début de lactation (cette adaptation physiologique normale suppose la constitution d'un stock minéral suffisant lors des premières lactations) (Meschy, 2010).

La diminution du niveau plasmatique du **fer** observée chez les chèvres multipares par rapport aux chèvres primipares au début de lactation pourrait être attribuée à l'augmentation de la synthèse du lait et un besoin accru de fer. Les résultats de la présente recherche ne s'accordent pas avec ceux de Singhet *et al.* (2016) qui n'ont observé aucune différence significative du niveau de **fer** entre les divers groupes de parité chez la chèvre Beetal durant 1, 2, 4, 8 et 16 semaines après le chevrotage. Par contre Kume *et al.* (1998) ont rapporté que ce paramètre a connu une diminution de sa concentration plasmatique chez les vaches en première lactation durant la période allant d'une semaine pré-partum à 10 semaine post-partum.

Nos résultats ont montré des différences non significatives des taux plasmatiques moyens du **magnésium**, du **sodium** et du **chlore** entre les chèvres Arbia primipares et les chèvres multipares durant toute la période de lactation. Des résultats similaires pour le magnésium ont été enregistrés par Ahmed *et al.* (2000) et Samardžija *et al.* (2011) au début et au milieu de lactation. Contrairement à ce qui a été trouvé chez la chèvre Arbia, la concentration plasmatique du **magnésium** était plus faible chez les vaches primipares durant les 10 premières semaines de lactation (Kume *et al.*, 1998). Ces mêmes auteurs ont noté les mêmes observations que les nôtres pour le **sodium** ; durant les premiers 40 jours post-partum par Samardžija *et al.* (2011) et au stade début de lactation par Ahmed *et al.* (2000). Contrairement à nos résultats ; la natrémie chez les chèvres Nubiennes en deuxième lactation était plus élevée en comparaison avec celles en première et en troisième lactation au stade milieu de lactation. Egalement chez la vache, la natrémie n'était pas affecté par la parité

*2. Etude 2 : Comparaison des paramètres sanguins, de la NEC et du PV
entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant différents
stades de la lactation*

Résultats et Discussion

durant la période de lactation (Kume *et al.*, 1998). Concernant la diminution de la **kaliémie** observée chez les chèvres primipares au stade milieu de la lactation, nos résultats ne s'accordent pas avec ceux des précédentes études chez la chèvre mais ils sont similaires à ceux décrits chez la vache (Kume *et al.*, 1998).

3. Résultats et discussion de la troisième étude : Profils minéro-biochimiques des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

3.1. Résultats

3.1.1. Profil énergétique des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

3.1.1.1. Glycémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

Chez les chèvres Arbia, le niveau plasmatique de glucose n'a pas changé ($p > 0,05$) entre le stade 1 semaine pré-partum et le stade 3 semaines post-partum (Figure 45). Une corrélation positive significative ($p < 0,05$) a été observée entre les concentrations plasmatiques du glucose et des triglycérides ($r = 0,575$) à 1 semaine pré-partum (Tableau 12); mais elle était significativement ($p < 0,05$) négative avec les concentrations du cholestérol ($r = - 0,556$) et d'albumine ($r = - 0,599$) à 3 semaines post-partum (Tableau 13).

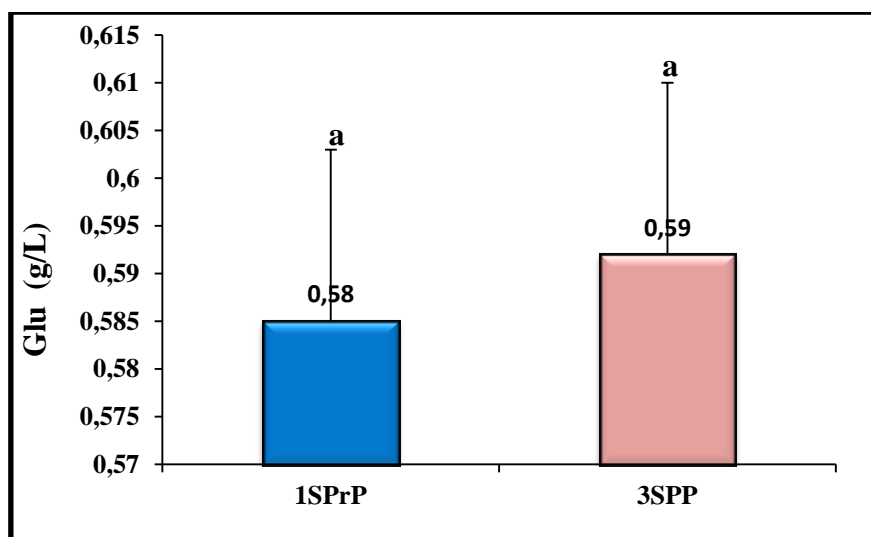


Figure 45: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique du glucose (Glu) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ;moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

3.1.1.2. Cholestérolémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

Dans le présent travail, chez les chèvres Arbia, une stabilité du niveau de cholestérol a été notée au cours des périodes étudiées (1SPrP et 3SPP) malgré une diminution de la cholestérolémie enregistrée 3 semaines après la parturition. (Figure 46)

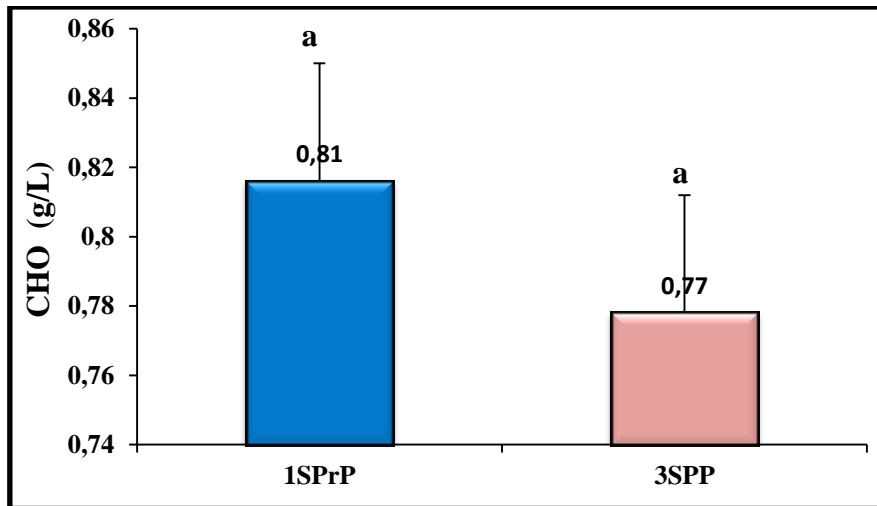


Figure 46: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique du cholestérol (CHO) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

3.1.1.3. Triglycéridémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

La concentration plasmatique des triglycérides a diminué de manière significative ($p < 0,000$) 3 semaines post-partum par rapport à celle notée à 1 semaine pré-partum (Figure 47).

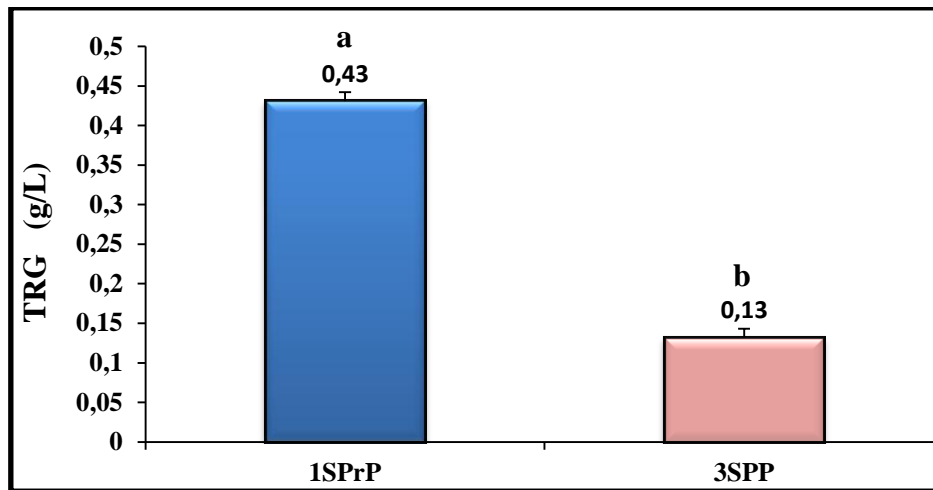


Figure 47: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique des triglycérides (TRG) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

3.1.2. Profil protéique des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

3.1.2.1. Protéinémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

La valeur moyenne de la concentration en protéines totales constatée pendant le stade 1 semaine pré-partum chez les chèvres Arbia était significativement plus basse ($p < 0,05$) par rapport à celle notée 3 semaines après la parturition (Figure 48). De plus, il existe une corrélation significative positive ($r = 0,491$; $p < 0,05$) entre les protéines totales et le calcium à 3 semaines post-partum chez les chèvres Arbia (Tableau 13).

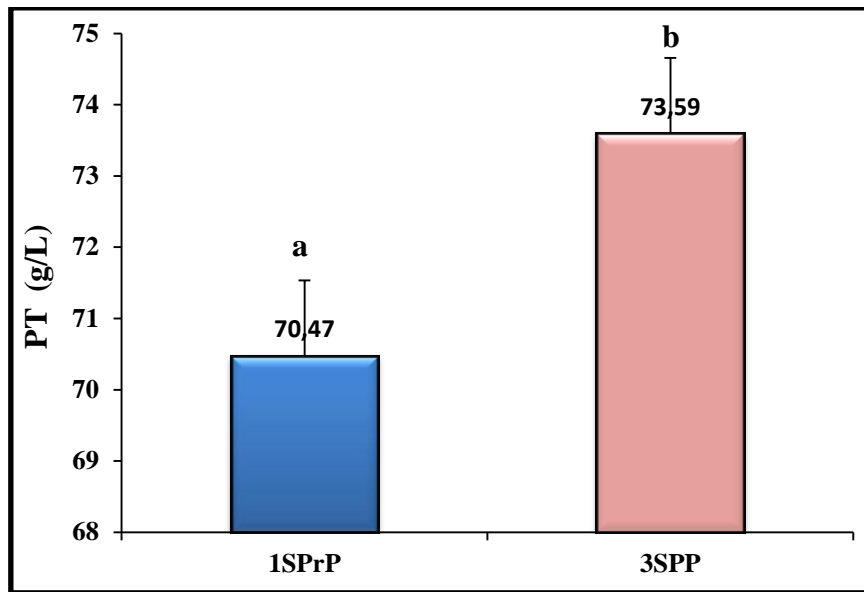


Figure 48: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique des protéines totales(PT) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans (1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ;moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

3.1.2.2.Albuminémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

Le taux plasmatique moyen d'albumine a augmenté à 3 semaines après la parturition en comparaison avec celui noté à 1 semaine avant la parturition mais cette variation est sans signification ($p > 0,05$) (Figure 49).

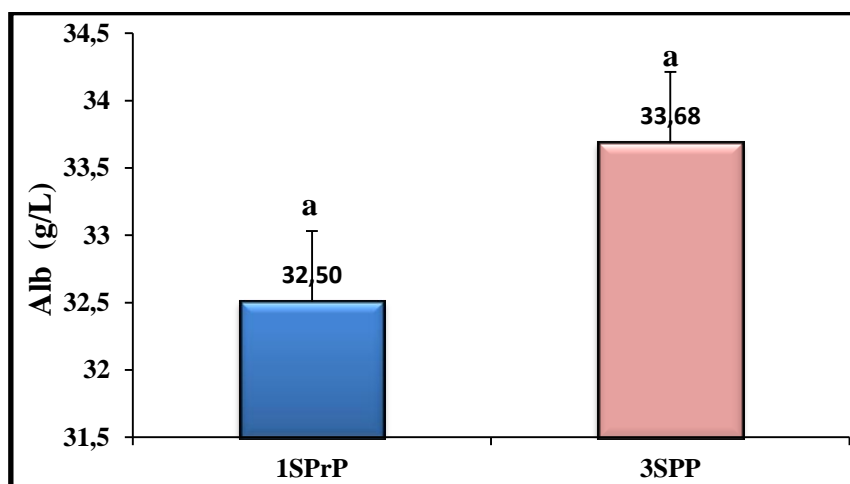


Figure 49:Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique d'albumine (Alb) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans (1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

3.1.2.3. Urémie des chèvres Arbia (1- 4 ans) au cours du péri-partum

Selon l'analyse statistique, la concentration plasmatique moyenne de l'urée n'a pas varié de manière significative durant le péri-partum chez les chèvres Arbia (Figure 50).

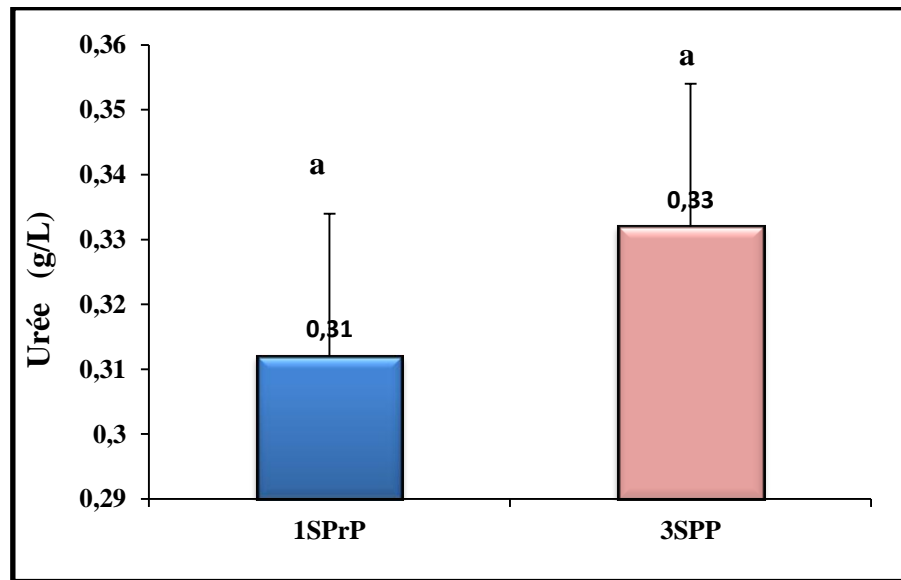


Figure 50: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (g/L) plasmatique de l'urée (Urée) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

3.1.2.4. Créatininémie des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

Durant la présente recherche, la concentration plasmatique moyenne de la créatinine diminue significativement ($p = 0,001$) chez les chèvres Arbia au cours de la 3^e semaine du post-partum (3SPP) (Figure 51) par rapport à celle enregistrée 1 semaine avant la parturition (1SPrP). De plus, durant le stade 1SPrP, la créatinine plasmatique était positivement corrélée avec le phosphore inorganique ($r = 0,642$; $p < 0,01$) et négativement avec l'albumine ($r = -0,665$; $p < 0,01$) (Tableau 12).

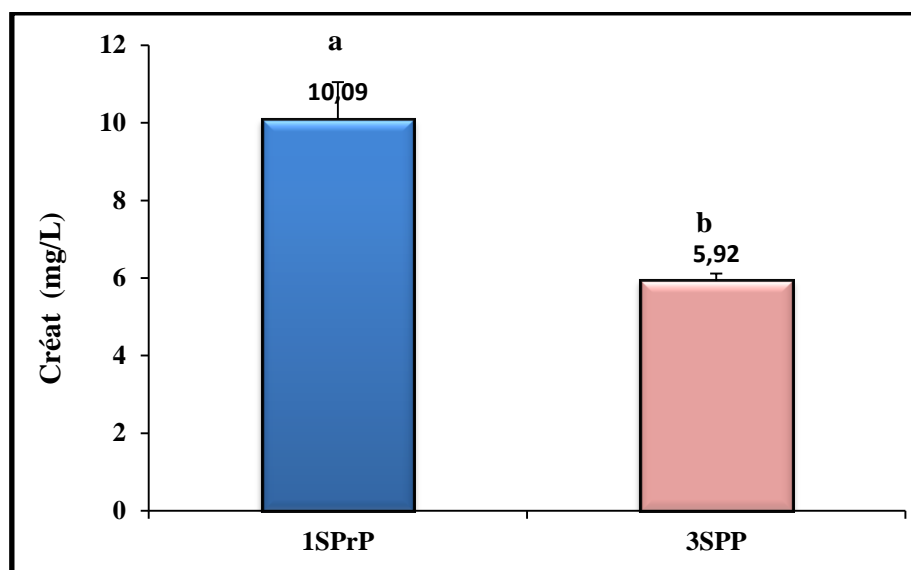


Figure 51: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mg/L) plasmatique de la créatinine (Créat) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

Tableau 12: Coefficient de corrélation de Pearson entre les concentrations de paramètres plasmatiques étudiées chez les chèvres Arbia âgées de 1 à 4 ans au cours de 1SPrP

		Glu	Créat	Urée	CHO	TRG	PT	Alb	Ca	P	Na	K
Glu		1										
Créat	r	-0,317	1									
	p	0,215										
Urée	r	-0,373	0,463	1								
	p	0,141	0,061									
CHO	r	-0,231	0,082	0,435	1							
	p	0,372	0,754	0,081								
TRG	r	0,575*	-0,252	0,125	-0,057	1						
	p	0,016	0,329	0,632	0,829							
PT	r	-0,037	-0,086	0,258	0,445	-0,026	1					
	p	0,888	0,742	0,317	0,073	0,921						
Alb	r	-0,063	-0,665**	-0,223	0,095	-0,134	0,301	1				
	p	0,810	0,004	0,390	0,718	0,608	0,240					
Ca	r	-0,225	-0,032	-0,133	0,118	-0,406	0,303	0,211	1			
	p	0,386	0,904	0,610	0,651	0,106	0,238	0,416				
P	r	-0,355	0,642**	0,112	0,386	-0,315	-0,143	-0,349	-0,133	1		
	p	0,161	0,005	0,669	0,126	0,218	0,584	0,170	0,612			
Na	r	0,154	-0,295	-0,240	-0,236	-0,036	0,051	0,416	0,200	-0,359	1	
	p	0,555	0,250	0,354	0,363	0,890	0,847	0,097	0,441	0,157		
K	r	-0,023	0,086	-0,169	0,022	-0,283	0,277	-0,065	0,275	0,260	-0,023	1
	p	0,931	0,742	0,517	0,933	0,271	0,281	0,803	0,285	0,313	0,930	

r: coefficient de corrélation de Pearson, p: valeur de p, *: corrélation significative à $p < 0,05$, **: significatif à $p < 0,01$ et NS: non significatif.

3.1.3. Profil minéral des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

L'étude statistique a montré que les concentrations plasmatiques du calcium, du phosphore inorganique et du sodium ont diminué 3 semaines post-partum en comparaison avec la période 1 semaine pré-partum, mais cette diminution est sans signification (Figure 52, 53 et 54), de même que pour le potassium dont la valeur moyenne trouvée au stade 3 semaines post-partum est plus élevée que celle observée à 1 semaine pré-partum mais sans signification (Figure 55).

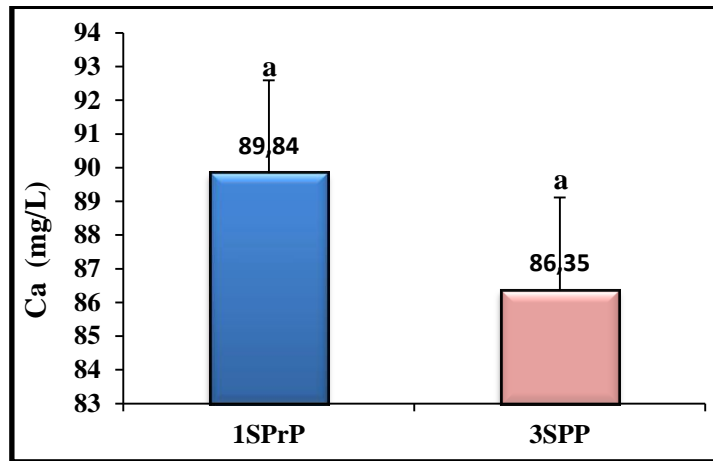


Figure 52: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mg/L) plasmatique du calcium (Ca) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

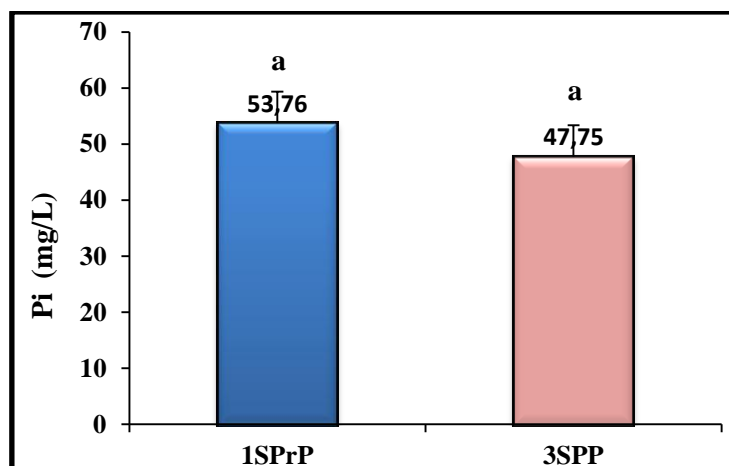


Figure 53: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mg/L) plasmatique du phosphore Inorganique (Pi) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

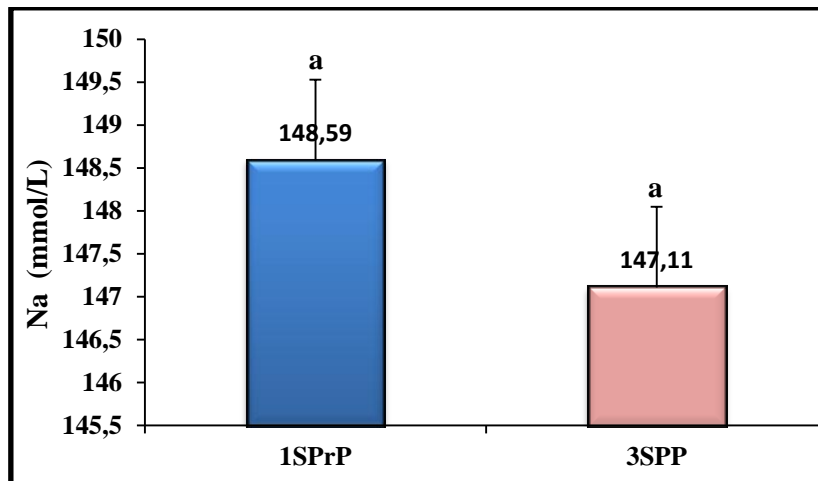


Figure 54: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mmol /L) plasmatique du sodium (Na) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

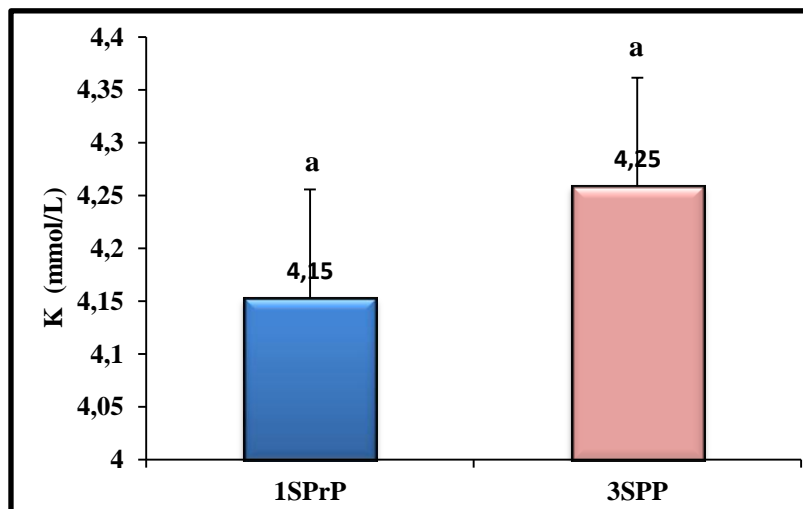


Figure 55: Moyenne (\pm SEM) de la concentration (mmol /L) plasmatique du potassium (K) au cours du péri-partum chez la chèvre Arbia âgée de 1 à 4 ans

(1SPrP et 3SPP: 1 Semaine pré-partum et 3 Semaines post-partum ; moyennes avec différentes lettres minuscules indiquent une signification à $p < 0,05$.)

Tableau 13: Coefficient de corrélation de Pearson entre les concentrations des paramètres plasmatiques étudiées chez les chèvres Arbia âgées de 1 à 4 ans au cours de 3SPP

		Glu	Créat	Urée	CHO	TG	PT	Alb	Ca	P	Na	K
Glu	r	1										
	p											
Créat	r	0,367	1									
	p	0,147										
Urée	r	0,034	-0,166	1								
	p	0,896	0,523									
CHO	r	-0,556*	-0,347	-0,227	1							
	p	0,020	0,173	0,381								
TG	r	0,065	0,388	0,200	0,101	1						
	p	0,805	0,124	0,440	0,698							
PT	r	0,286	0,397	0,122	-0,410	-0,233	1					
	p	0,267	0,114	0,642	0,102	0,368						
Alb	r	-0,599*	0,056	-0,057	0,088	-0,124	0,065	1				
	p	0,014	0,837	0,835	0,745	0,647	0,812					
Ca	r	0,033	0,336	0,051	-0,058	-0,134	0,491*	0,373	1			
	p	0,901	0,188	0,845	0,826	0,608	0,045	0,155				
P	r	0,007	-0,329	0,284	0,091	-0,144	-0,098	-0,272	-0,297	1		
	p	0,979	0,197	0,269	0,729	0,580	0,708	0,309	0,247			
Na	r	0,086	0,206	-0,163	-0,074	-0,322	0,404	0,093	0,300	0,527*	1	
	p	0,742	0,428	0,533	0,777	0,207	0,108	0,731	0,243	0,030		
K	r	0,210	-0,290	0,478	-0,086	-0,070	-0,003	-0,139	-0,027	0,617**	0,258	1
	p	0,419	0,259	0,052	0,743	0,789	0,991	0,607	0,917	0,008	0,317	

r: coefficient de corrélation de Pearson, p: valeur de p, *: corrélation significative à $p < 0,05$, **: significatif à $p < 0,01$ et NS: non significatif.

3.2. Discussion

3.2.1. Profil énergétique des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

Le taux du **glucose** dans le sang a été utilisé comme un indice de l'état nutritionnel (Morant-Fehr *et al.*, 1977). Chez les chèvres Arbia, le niveau plasmatique de glucose n'a pas changé entre 1SPrP et 3SPP. Certaines études ont montré les mêmes observations (Chavez *et al.*, 2009; Samardzija *et al.*, 2013). La valeur moyenne de la concentration de glucose notée à 3SPP était très similaire à celle trouvée par Mahmoud & Azab (2014) au cours de la même période chez la chèvre Baladi; mais celle enregistrée à 1SPrP était supérieure. Manat *et al.* (2016) ont observé chez des chèvres Surti, que la concentration de glucose avait diminué de 0 jour de parturition au 14^e jour post-partum, puis avait augmenté à partir du 21^e jour. Les résultats obtenus indiquent que pendant les périodes étudiées, les animaux présentaient un bilan énergétique positif et que les chèvres Arbia présentaient une forte régulation homéostatique du glucose. Toutefois, les résultats de l'étude actuelle ne s'accordent pas avec ceux d'Elzein *et al.* (2016) qui ont signalé une diminution significative du niveau de glucose pendant la période post-partum par rapport à celle observée avant la parturition chez les chèvres du désert.

Dans le présent travail, une stabilité du niveau du **cholestérol** au cours des périodes étudiées (1 semaine avant et 3 semaines après la parturition) a été notée chez les chèvres Arbia, ce qui est en accord avec les résultats obtenus par Soares *et al.* (2018) dans les zones semi-arides, mais en désaccord avec ceux de Bamerny (2013) qui a noté une réduction significative de la concentration du **cholestérol** à 1semaine pré-partum par rapport à 3semaines post-partum chez les chèvres Meriz. De plus, les valeurs moyennes obtenues dans la recherche actuelle sont très supérieures à celles observées chez les chèvres Meriz (Bamerny, 2013) au cours des mêmes périodes.

La concentration plasmatique des **triglycérides** a diminué à 3 semaines post-partum par rapport à celle notée à 1 semaine pré-partum. Ces résultats sont cohérents avec ceux d'études précédentes (Sadjadian *et al.*, 2013 et Soares *et al.*, 2018). Cette diminution est due à l'absorption des **triglycérides** par la glande mammaire pour la synthèse de la matière grasse du lait. La période de lactation est caractérisée par des changements physiologiques pour l'adaptation aux exigences telles que: la réduction de la lipogenèse et de l'estérification et la stimulation de la mobilisation des acides gras libres. Au contraire, Samardzija *et al.* (2013)

ont signalé que la concentration sérique des **triglycérides** des chèvres fauves améliorées allemandes ne variait pas au cours de la période péri-parturiente.

3.2.2. Profil protéique des chèvres Arbia (1- 4 ans) au cours du péri-partum

La diminution de la valeur moyenne de la concentration en **protéines totales** constatée pendant 1 semaine pré-partum par rapport à 3 semaines post-partum chez les chèvres Arbia est similaire à celle déclarée par Sadjadian *et al.* (2013) et Elzein *et al.* (2016), mais Bamerny (2013) a noté une diminution significative du niveau sanguin des protéines totales 3 semaines après le part par rapport à 1 semaine avant chez les chèvres Meriz. La diminution du taux sanguin de **protéines totales** observée au stade 1 semaine pré-partum, pourrait être due au fait que des acides aminés maternels ont été utilisés pour la synthèse des protéines du ou des fœtus dont la croissance fœtale était maximale, particulièrement dans les muscles, en fin de la gestation. De plus, il pourrait être attribué à l'extraction rapide d'immunoglobuline du plasma au cours de la même période, lorsque le colostrum s'est formé dans la glande mammaire. La corrélation positive observée entre les **protéines totales** et le calcium 3 semaines après le part chez les chèvres Arbia peut être expliquée par le fait que la partie non ionisée du calcium total était liée aux protéines sériques, principalement l'albumine (47%) et cette fraction n'a pas été excrétée dans l'urine car elle n'a pas été filtrée au niveau des glomérules (Payne et Payne, 1987). La valeur moyenne de protéines totales plasmatique obtenue à 3SPP était similaire à celle trouvée par Antunović *et al.* (2017) chez les chèvres alpines au 20ème jour post-partum. Au contraire, Badawy et Youssef (2008) ont montré des modifications non significatives de **protéines totales** plasmatiques au cours de la lactation par rapport à la gestation.

Nos résultats concernant le taux plasmatique moyen de l'**albumine** s'accordent bien avec ceux de Bamerny (2013), mais ils diffèrent de celui rapporté par les études précédentes (Badawy et Youssef, 2008; Sadjadian *et al.*, 2013) qui ont noté une augmentation significative des concentrations plasmatiques d'**albumine** après la parturition par rapport à la période précédant la parturition. Tharwat *et al.* (2013) ont également noté une diminution non significative du taux sanguin d'**albumine** durant la semaine -2 jusqu'à la semaine +3. L'**albumine** est un indicateur de la fonction hépatique. C'est la principale protéine plasmatique synthétisée dans le foie, représentant 50 à 65% de la protéine sanguine totale (Wittwer, 2000). Les diminutions de l'**albumine** au cours du péri-partum pourrait être associée aux maladies hépatocellulaires du foie et à la stéatose hépatique (Nehra *et al.*, 2001).

Par conséquent, dans la présente étude, on pourrait en déduire que la fonction hépatique chez les chèvres Arbia était maintenue.

La concentration sanguine de l'**urée** reflète directement la quantité de protéines ingérée dans l'alimentation (Wittwer, 2000). Les variations de la concentration de l'**urée** observées chez les caprins Arbia étaient similaires à celles rapportées par Soares *et al.* (2018) qui ont indiqué des changements non significatifs de l'**urée** pendant la période de transition (les 30, 20 et 10 jours ante-partum, à la parturition et les 10, 20 et 30 jours après la parturition). Les valeurs des taux plasmatiques de l'**urée** notées à 1 semaine avant la parturition chez les chèvres Arbia étaient supérieures à celles rapportées par Waziri *et al.* (2010) chez les chèvres du Sahel. Outre ce résultat, on pourrait en déduire que pendant la période péri-parturiente (1 semaine avant et 3 semaines après parturition et 3SPP), il n'y avait pas de troubles du métabolisme protéique chez les chèvres Arbia et que l'apport en protéines du régime était assuré.

La diminution de la concentration de la **créatinine** observée chez les chèvres Arbia au cours de la période post-partum par rapport à celle pré-partum a été également rapportée par de nombreux auteurs tels que: Soares *et al.* (2018) qui ont réalisé une étude sur les chèvres dans les régions semi-arides et Elzein *et al.* (2016) qui ont effectué une recherche sur les chèvres du désert. L'augmentation pendant la gestation était due à une augmentation du catabolisme des muscles squelettiques et du développement de la musculature fœtale à la fin de la gestation (Kaneko *et al.*, 2008). Au contraire, Tharwat *et al.* (2013) ont trouvé des différences non significatives dans la concentration sanguine de la **créatinine** dans la période péri-parturiente (-3, -2, -1, parturition, +1, +2 et +3 semaines) chez la chèvre.

3.2.3. Profil minéral des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

Pendant la lactation, les besoins en sel des animaux sont supérieurs (Underwood & Suttle, 1999). Les concentrations plasmatiques du **calcium**, du **phosphore inorganique**, du **sodium** et du **potassium** n'ont pas varié au cours de la période péri-parturiente chez la chèvre Arbia. De manière similaire, les concentrations sanguines du calcium, du phosphore inorganique et du sodium ont eu les mêmes évolutions pendant la même période (1SPRP et 3SPP) chez les chèvres Meriz ; par contre le taux plasmatique du **potassium** a augmenté de manière significative à 3 semaines post-partum (Bamerny, 2013). Dans cette étude, les observations pour le **calcium** et le **potassium** sont en accord avec celles de Donia *et al.* (2014) mais pas pour le sodium où ils ont observé une forte baisse de sa concentration sérique

pendant la période de la lactation par rapport à la fin de la gestation. Soares *et al.* (2018) n'ont pas non plus signalé de variations significatives de **sodium**, **phosphore inorganique** et du **potassium** chez les chèvres laitières élevées dans la région semi-aride brésilienne au cours de la période de transition. De plus, ils ont observé que la concentration de **calcium** diminuait à la parturition, puis augmentait au 20^e jour post-partum où les valeurs moyennes étaient similaires à celles du 10^e jour avant la parturition. De même, Tanritanir (2009) a signalé des variations non significatives du **calcium**, **sodium** et du **potassium** avant et après la parturition, mais il indiquait une augmentation significative du **phosphore inorganique** après la parturition. Par conséquent, même s'il y a une demande élevée au cours de ces périodes critiques, on pouvait en conclure que les besoins métaboliques des chèvres Arbia étaient couverts.

Conclusion

Et

perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion

Il ressort de cette recherche que les concentrations des différents paramètres biochimiques et minéraux étudiés ont été influencées par le stade physiologique chez la chèvre Arbia des zones semi-arides.

Chez les chèvres Arbia âgées d'une année, les stades de production n'ont pas eu d'effet significatif sur les taux plasmatiques du cholestérol, mais les taux des paramètres sanguins restants ont montré des variations significatives. Les résultats indiquent que les mécanismes physiologiques des chèvres Arbia sont bien adaptés aux différents stades physiologiques de production dans une région semi-aride. De plus, certains paramètres ont montré une spécificité pour cette race par rapport aux résultats d'autres races de chèvres. Aussi, chez les chèvres Arbia dont l'âge est compris entre 1 et 4 ans, la période péri-parturiente a affecté les concentrations plasmatiques de la créatinine et des triglycérides, qui ont diminué de manière significative, et la concentration en protéines totales qui a augmenté à 3 semaines après la parturition. De plus, les concentrations plasmatiques du glucose, du cholestérol, de l'urée, d'albumine, du calcium, du phosphore, du sodium et du potassium n'ont pas varié au cours du péri-partum. De l'autre côté, la créatinine était fortement corrélée avec l'albumine et le phosphore inorganique au stade 1 semaine avant la parturition mais à 3 semaines après la parturition, le phosphore inorganique était fortement corrélé avec le potassium. Le présent travail a également montré des différences significatives dans les variations des concentrations plasmatiques des différents paramètres biochimiques et minéraux étudiés entre les chèvres primipares (âgées d'une année) et les chèvres multipares (âgées de 2- 4 ans) durant les différents stades de la lactation, montrant des caractéristiques très spécifiques de la chèvre Arbia des zones semi-arides. De plus, les évolutions de la note d'état corporel (NEC) et du poids vif (PV) des chèvres Arbia primipares (1 année) et multipares (2 à 4 ans) durant la période allant de 3 à 16 semaines de la lactation ont montré une certaine particularité d'adaptation de cette race à son milieu pour maintenir sa production laitière.

Les résultats obtenus chez les chèvres Arbia reflètent des capacités particulières d'adaptation à leurs conditions climatiques et alimentaires, et contribuent à la caractérisation de cette race de chèvre; ce qui va permettre d'organiser son amélioration comme étant une ressource génétique locale et rustique.

Perspectives

A la fin de cette recherche, certaines perspectives ont pu être envisagées :

- Les résultats de la présente recherche nécessitent d'être enrichis et complétés pour identifier les caractéristiques productifs et reproductifs de la chèvre Arbia dans la zone semi-aride et dans les autres régions du pays.
- La période de la lactation essentiellement chez les chèvres primipares (âgées d'une année) mérite d'être profondément étudié en visant de tirer ses potentialités génétiques productives et donc maîtriser et orienter son élevage pour améliorer ses performances productives dans les prochaines lactations.
- A différentes périodes physiologiques (avant gestation, gestation, post-partum, lactation et période sèche) les vétérinaires et les agriculteurs doivent déterminer les concentrations des paramètres biochimiques et minéraux dans le sang pour un meilleur contrôle de la santé et de la nutrition des chèvres Arbia dans les zones semi-arides de l'Algérie afin d'accroître la production animale.
- Ces résultats représentent un maillon important dans la série de prochaines recherches pour une meilleure valorisation de nos ressources animales locales de la zone semi-aride du Nord-Est Algérien, et un plus grand nombre d'animaux est nécessaire pour établir des valeurs de référence pour cette race.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abd El-Hamid, I.S., N.H., Ibrahim, B. Farrag, F.E. Younis and I.A. Wahba (2017).** Reproductive and Productive Efficiency of Damascus and Baladi Goats under Egyptian arid Conditions. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 9(1): 6-14.
2. **AFRC, 1998.** The nutrition of goats. Technical committee on response to nutrients. Report n°10. CABI, Wallingford, U.K.
3. **Agnihotri, M. K., & Rajkumar, V. (2007).** Effect of breed, parity and stage of lactation on milk composition of western region goats of India. *International Journal of Dairy Science*, 2(2), 172-177. DOI: [10.3923/ijds.2007.172.177](https://doi.org/10.3923/ijds.2007.172.177)
4. **Ahmed, M. M., Siham, A. K., & Barri, M. E. S. (2000).** Macromineral profile in the plasma of Nubian goats as affected by the physiological state. *Small Ruminant Research*, 38(3), 249-254. DOI: 10.1016/S0921-4488(00)00166-8
5. **Ait Amrane A, Bousta O, Mennad D, Hammoudi S M, Belhamiti B T, Selles S M A, Benia A R, Kouidri M, et Kaidi R. 2014.** La détermination de l'âge de la puberté chez les chevreaux de race « Arbia ». Résumé des 12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir », 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
6. **Ait Amrane, A., Belhamiti, B. T., Selles, S. M. A., Meskini, Z., Kouidri, M., Hammoudi, S. M., ... & Kaidi, R. (2018).** Un traitement d'induction et synchronisation des chaleurs chez la chèvre Arbia dans la région de Tiaret, Algeria. *Livestock Research for Rural Development*, 30, 3. Article #39. Retrieved March 24, 2019, from <http://www.lrrd.org/lrrd30/3/dahv30039.html>
7. **Amer, H. A., Salem, H. A. H., & Al-Hozab, A. A. (1999).** Biochemical changes in serum and milk constituents during postpartum period in Saudi Ardy goats. *Small Ruminant Research*, 34(2), 167-173. DOI: 10.1016/S0921-4488(99)00055-3
8. **Amoah, E. A., Gelaye, S., Guthrie, P., & Rexroad Jr, C. E. (1996).** Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *Journal of animal science*, 74(4), 723-728.
9. **Antunović, Z., Šperanda, M., & Steiner, Z. (2004).** The influence of age and the reproductive status to the blood indicators of the ewes. *Arch. Tierzucht*. 47(3), 265-273. DOI: 10.5194/aab-47-265-2004
10. **Antunović, Z., Novoselec, J., Sauerwein, H., Šperanda, M., Vegara, M., & Pavić, V. (2011a).** Blood metabolic profile and some of hormones concentration in ewes during different physiological status. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17(5), 687-695.

11. Antunović, Z., Šperanda, M., Novoselec, J., Đidara, M., Mioč, B., Klir, Ž., & Samac, D. (2017). Blood metabolic profile and acid-base balance of dairy goats and their kids during lactation. *Veterinarski arhiv*, 87(1), 43-55.
12. Antunović, Z., Vonko, E., Novoselec, J., Speranda, M., Vegara, M., Pavić, V., Mio, B.Č., & Djidar, M. (2011b): Changes in biochemical and haematological parameters and metabolic hormones in Tsigai ewes blood in the first third of lactation. *Archiv Tierzucht*. 54, 535-545.
13. Anwar, M. M., Ramadan, T. A., & Taha, T. A. (2012). Serum metabolites, milk yield, and physiological responses during the first week after kidding in Anglo-Nubian, Angora, Baladi, and Damascus goats under subtropical conditions. *Journal of animal science*, 90(13), 4795-4806. DOI: 10.2527/jas.2012-5236
14. Azab, M. E., & Abdel-Maksoud, H. A. (1999). Changes in some hematological and biochemical parameters during prepartum and postpartum periods in female Baladi goats. *Small Ruminant Research*, 34(1), 77-85. DOI: 10.1016/S0921-4488(99)00049-8
15. Badawy, M. T., & Youssef, K. M. (2008). Impact of feeding system on physiological, reproductive and productive performance of Shami goats during different physiological stages. *Egyptian Journal of Animal Production*, 45(2), 101-117.
16. Bagnicka, E., Jarczak, J., Kaba, J., Jóźwik, A., CzOPOwICz, M., & Krzyżewski, J. (2014). Active dry yeast culture supplementation effect on the blood biochemical indicators of dairy goats. *Advances in Dairy Research*, 2,1-7.
17. Balıkcı, E., Yıldız, A., & Gürdoğan, F. (2007). Blood metabolite concentrations during pregnancy and postpartum in Akkaraman ewes. *Small Ruminant Research*, 67(2-3), 247-251. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.10.011
18. Bamerny, A. O. (2013). Changes in some haemato-biochemical and electrolytes parameters in female Meriz goats during pregnancy and after Parturition. *Journal of Animal Science*, 2(1), 11-14.
19. Barlet J P. (1984). Calcium, phosphore, troubles du métabolisme phosphocalcique. In: Yvoré P and Perrin G (Eds), *Les maladies de la chèvre. Colloque international, Octobre, 9-11, 1984, Niort (France)*. 393-398.
20. Barlet, J. P. (1985). Prolactin and calcium metabolism in pregnant ewes. *Journal of endocrinology*, 107(2), 171-175.
21. Barlet, J. P., Bellanger, M., Cabello, G., & Chagnaud, P. (1974). Rôle physiologique de la calcitonine chez la chèvre gestante ou allaitante. In *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*, 14(3). 447-457).

22. **Barone, R. (2001).** Chapitre IV : Mamelles. In : *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome IV. Splanchnologie II. 3^e édition. Vigot. Paris.* 419-467.
23. **Bas, P., Morand-Fehr, P., Rouzeau, A., & Chilliard, Y. (1985).** Weight and metabolism of goat adipose tissues during pregnancy and lactation. *Annales de zootechnie.*34(4) 483-484.
24. **Bas, P., Archimede, H., Rouzeau, A., & Sauvant, D. (2003).** Fatty acid composition of mixed-rumen bacteria: effect of concentration and type of forage. *Journal of Dairy Science,* 86(9), 2940-2948.
25. **Bauman, D. E. & Curie, WB (1980).** Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation. A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science* 63, 15 14-1529.
26. **Bauman, D. E., & Vernon, R. G. (1993).** Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. *Annual review of nutrition,* 13(1), 437-461.
27. **Beardsworth, L., Beardsworth, P., & Care, A. D. (1989).** Calcium fluxes across the wall of the ovine reticulorumen in vivo. *Research in veterinary science,* 47(3), 404-405.
28. **Bedo, S., Nikodemusz, E., Gundel, K., & Nagy, Z. (1997).** Relations of plasma concentrations of urea, glucose and total protein to milk levels of urea, lactose and protein of grazing ewes during lactation. *Archiv fuer Tierzucht (Germany).* 40, 265-275.
29. **Bell, A. W. (1981).** Lipid metabolism in liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals. In. Christie W.W., *Lipid metabolism in ruminant animals.* Pergamon Press. 363-410.
30. **Bell, A. W., and D. E. Bauman. (1983).** Adaptation of glucose metabolism during pregnancy and lactation. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 2:265–278.
31. **Bell, A. W. (1995).** Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of animal science,* 73(9), 2804-2819.
32. **Bergman, E. N. (1983).** The pools of cellular nutrients: glucose. In: Ruis P.M, *World animal science, Dynamic Biochemistry of Animal Production.* Elsevier, Amsterdam. 9: 173-196.
33. **Bergman, E. N., & Wolff, J. E. (1971).** Metabolism of volatile fatty acids by liver and portal-drained viscera in sheep. *American Journal of Physiology-Legacy Content,* 221(2), 586-592.
34. **Boudon, A., Graulet, B., Giger-Reverdin, S., Archimède, H., Meschy F. (2018).** Besoins en minéraux, en vitamines et en eau. IN : *Alimentation des ruminants,* INRA, 2018. 728p.

35. **Bouloc, N. (1992).** Courbes de lactation des chèvres: quelques éléments sur leur forme. *La chèvre, 193*, 15-17.
36. **Bourbouze, A., & Guessous, F. (1979).** La chèvre et l'utilisation des ressources dans les milieux difficiles. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 32(2), 191-198.
37. **Branca, A., & Casu, S. (1987).** Variation of body condition score during a year and its relationship with body reserves in Sarda goats. In *L'évaluation des ovins caprins Médit. Symposium, Flamant, JC and Morand-Fahr, P (Eds)*, 221-236.
38. **Bryant, D. T. W., & Smith, R. W. (1982).** The effect of lactation on protein synthesis in ovine skeletal muscle. *The Journal of Agricultural Science*, 99(2), 319-323.
39. **Cabiddu, A., Branca, A., Decandia, M., Pes, A., Santucci, P. M., Masoero, F., & Calamari, L. (1999).** Relationship between body condition score, metabolic profile, milk yield and milk composition in goats browsing a Mediterranean shrubland. *Livestock Production Science*, 61(2-3), 267-273.
40. **Camp, J. C., Wildt, D. E., Howard, P. K., Stuart, L. D., & Chakraborty, P. K. (1983).** Ovarian activity during normal and abnormal length estrous cycles in the goat. *Biology of Reproduction*, 28(3), 673-681.
41. **Care, A. D., Beardsworth, L. J., Beardsworth, P. M., & Breves, G. (1989).** The absorption of calcium and phosphate from the rumen. *Acta Vet. Scand*, 86, 152-158.
42. **Casamassima, D., Palazzo, M., & Pizzo, R. (2007).** Evaluation of milk production and some blood parameters in lactating autochthonous goat extensively reared in Molise region. *Italian Journal of Animal Science*, 6(sup1), 615-617.
43. **Casdar syscare (2013).** Collection Fiches Techniques. Systèmes caprins d'alimentation respectueux de l'environnement. Institut d'élevage. 32p. <https://www.scribd.com/document/244655382/CASDAR-FICHES-SYSCARE-pdf>
44. **Champredon, C., Debras, E., Pion, R., & Arnal, M. (1986).** Métabolisme protéique chez la chèvre en début de lactation. Résultats préliminaires. *Reproduction Nutrition Développement*, 26(2B), 617-618.
45. **Champredon, C., Debras, E., Mirand, P. P., & Arnal, M. (1990).** Methionine flux and tissue protein synthesis in lactating and dry goats. *The Journal of nutrition*, 120(9), 1006-1015.
46. **Chávez, J., Bernal, G., Rodríguez, A., Mark, K., Díaz, E., Aguilera, A., ...& Cárdenas, M. (2009).** Influence of pregnancy and lactation on glucose metabolism of Nubian goats. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 11(1): 225-232.

47. **Chemineau, P., & Delgadillo, J. A. (1994).** Neuroendocrinologie de la reproduction chez les caprins.
48. **Chemineau, P., Pelletier, J., Guerin, Y., Colas, G., Ravault, J. P., Toure, G., ... & Maurice, F. (1988).** Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction Nutrition Développement*, 28(2B), 409-422.
49. **Chilliard, Y., Sauvant, D., Bas, P., Pascal, G., & Morand-Fehr, P. (1981).** Importance relative et activités métaboliques des différents tissus adipeux de la chèvre laitière. *Nutrition and systems of goat feeding (Morand-Fehr P, Bourbouze A & Simiane M, eds), ITOVIC-INRA, Paris.* 90-100.
50. **Chilliard, Y. (1985).** *Métabolisme du tissu adipeux, lipogenèse mammaire et activités lipoprotéine-lipasiques chez la chèvre au cours du cycle gestation-lactation.* Thèse de Doctorat d'état, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.
51. **Chilliard, Y. (1986).** Revue bibliographique: Variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. 1re partie: chez la ratte. *Reproduction Nutrition Développement*, 26(5A), 1057-1103.
52. **Chilliard, Y. (1987).** Revue bibliographique: Variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation 2e partie: chez la brebis et la vache. *Reproduction Nutrition Développement*, 27(2A), 327-396.
53. **Chilliard, Y. (1993).** Adaptations métaboliques et partage des nutriments chez l'animal en lactation. *Biologie de la Lactation, INSERM/INRA, La Loupe, France*, 431-475.
54. **Chilliard, Y., Sauvant, D., Hervieu, J., Dorleans, M., & Morand-Fehr, P. (1977).** Lipoprotein lipase activity and composition of omental adipose tissue as related to lipid metabolism of the goat in late pregnancy and early lactation. *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*, 17(6) : 1021-1033.
55. **Chilliard, Y., Rémond, B., Sauvant, D., & Vermorel, M. (1983).** Particularités du métabolisme énergétique. *Bulletin technique-Centre de recherches zootechniques et vétérinaires de Theix.I.N.R.A.*, 53 : 37-64.
56. **Chilliard, Y., Rémond, B., Agabriel, J., Robelin, J., & Vérité, R. (1987a).** Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70, 117-131.
57. **Chilliard, Y., Sauvant, D., Morand-Fehr, P., & Delouis, C. (1987b).** Relations entre le bilan énergétique et l'activité métabolique du tissu adipeux de la chèvre au cours de la première moitié de la lactation. *Reproduction Nutrition Développement*, 27(1B), 307-308.

58. Chilliard, Y., Gagliostro, G., Flechet, J., Lefaiivre, J., & Sebastian, I. (1991). Duodenal rapeseed oil infusion in early and midlactation cows. 5. Milk fatty acids and adipose tissue lipogenic activities. *Journal of Dairy Science*, 74(6), 1844-1854.
59. Cimen, M., & Topcu, H. (2013). Effect of body condition score on biochemical milk parameters having economic importance in dairy goat during the first month of postpartum period. *International Journal of Agriculture Biology*, 15, 395-397.
60. Cohen, R. D., Woods, H. F., & Krebs, H. A. (1976). *Clinical and biochemical aspects of lactic acidosis* (pp. 40-76). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
61. Crémoux, R., & Chanvallon, A. (2012). La reproduction du troupeau caprin. In : *L'élevage des chèvres. Ouvrage collectif de l'institut de l'élevage. (Ed) France Agricole*. 330p.
62. Dakka, A. A., & Abd-EL-Aal, T. S. (1992). Studies on minerals picture in the blood sera of egyptian Sheep. *Assiut Veterinary Medical Journal (Egypt)*. 28, 242-249.
63. Darwesh, K. A., Merkhan, K. Y., & Buti, E. T. (2013). Impact of lactation stage on the body condition and milk quality of Black goat. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 2(2). 48-52.
64. Dawson, L. E. R., Carson, A. F., & Kilpatrick, D. J. (1999). The effect of the digestible undegradable protein concentration of concentrates and protein source offered to ewes in late pregnancy on colostrum production and lamb performance. *Animal feed science and technology*, 82(1-2), 21-36.
65. Dedieu, B. (1991). *Notations d'état corporel des brebis et diagnostic des systèmes d'élevage ovin*. INRA, Département de recherches sur les systèmes agraires et le développement. No. 22, p. 48.
66. Dedieu, B., Cournut, S., & Madelrieux, S. (2010). Transformations des systèmes d'élevage et du travail des éleveurs. *Cahiers agricultures*, 19(5), 312-315. DOI: 10.1684/agr.2010.0431.
67. Delouis, C., Djiane, J., Houdebine, L. M., & Terqui, M. (1980). Relation Between Hormones and Mammary Gland Function. *Journal of Dairy Science*, 63(9), 1492-1513. doi:10.3168/jds.s0022-0302(80)83110-9
68. Desjeux, J. F. (1993). Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. *Le lait*, 73(5-6), 573-580.
69. Derivaux, J., & Ectors, F. (1980). *Physiopathologie de la gestation et obstétrique vétérinaire*. Éditions du " Point vétérinaire.

70. Devaux, C., Polzin, D. J., & Osborne, C. A. (1996). What role does dietary protein restriction play in the management of chronic renal failure in dogs?. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 26(6), 1247-1267.
71. Djouza, L Chehma, A. (2018). Caractéristiques phénotypiques de la chèvre « Arbia » élevée dans le Sud-Est Algérien. *Revista electronica de Veterinaria*, 19 (5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050518.html>
72. Donia, G. R., Ibrahim, N. H., Shaker, Y. M., Younis, F. M., & Hanan, Z. (2014). Liver and Kidney Functions and Blood Minerals of Shami Goats Fed Salt Tolerant Plants under the Arid Conditions of Southern Sinai, Egypt. *Journal of American Science*, 10(3), 49-59.
73. Doré, V., Dubuc, J., Bélanger, A. M., & Buczinski, S. (2015). Definition of prepartum hyperketonemia in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4535–4543. doi:10.3168/jds.2014-9172
74. Dubeuf, J. P., & Boyazoglu, J. (2009). An international panorama of goat selection and breeds. *Livestock Science*, 120(3), 225-231.
75. Dunshea, F. R., Bell, A. W., & Trigg, T. E. (1990). Non-esterified fatty acid and glycerol kinetics and fatty acid re-esterification in goats during early lactation. *British Journal of Nutrition*, 64(1), 133-145.
76. Duquesnel, R., Parisot, D., Pirot, G., Mialot, J. P., Saboureau, L., Étienne, P., ... & Guerrault, P. (1992). La pseudogestation chez la chèvre.
77. Djuricic, D., Dobranic T., Juraj G, Gracner D., Ivica H, Damir S, Folnozic I., Iva G, Cvitkovic D., & Samardzija M. (2011). Concentrations of Total Proteins and Albumins, and AST, AP, CK and GGT Activities in the Blood Serum Boer and Saanen Goats during Puerperium. *Reproduction in Domestic Animals* 46 (4): 674–677.
78. El Bouyahiaoui, R. (2014). Filière des petits ruminants en Algérie : situation actuelle et perspectives de développement. Résumé des 12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir », 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
79. El-Sherif, M. M. A., & Assad, F. (2001). Changes in some blood constituents of Barki ewes during pregnancy and lactation under semi arid conditions. *Small Ruminant Research*, 40(3), 269-277. doi:10.1016/s0921-4488(01)00174-2
80. Elzein, E., Osman, I., & Omer, S. A. (2016). Effect of physiological status in some haematological and biochemical parameters in desert goats. *International Journal of Veterinary Science*, 5(2), 95-98.

- 81. FAO (2017):** Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Production livestock_E_all_data (normalized).zip. Excel file. <http://www.fao.org/faostat/en/> \l "home.
- 82. Fleming, J. R., Head, H. H., Bachman, K. C., Becker, H. N., & Wilcox, C. J. (1986).** Induction of lactation: Histological and biochemical development of mammary tissue and milk yields of cows injected with estradiol-17 β and progesterone for 21 days. *Journal of dairy science*, 69 (12), 3008-3021.
- 83. Freitas, V. J. F., Lopes-Junior, E. S., Rondina, D., Salmito-Vanderley, C. S. B., Salles, H. O., Simplicio, A. A., ... & Saumande, J. (2004).** Puberty in Anglo-Nubian and Saanen female kids raised in the semi-arid of North-eastern Brazil. *Small Ruminant Research*, 53(1-2), 167-172.
- 84. Gadoud, R., Joseph, M. M., Jussiau, R., Lisberney, M. J., Mangeol, B., Montmeas, L., & Tarrit, A. (1992).** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. *Foucher-INRA, Paris, France*.
- 85. Gall, C.F. (1982).** Carcass composition. *Proceedings of the third International Conference on Goat Production and Disease, Tucson, Etat-Unis, 10-15 janvier 1982*. 472-487.
- 86. Giger-Reverdin, S., Laporte-Broux, B., Tessier, J., & Duvaux-Ponter, C. (2011).** Variabilité interindividuelle des ingestions de ration et d'eau mesurées simultanément chez des chèvres en lactation Inter-individual variability in feed and water intake measured simultaneously in dairy goats. *Rencontre Recherche Ruminants*, 18, 123.
- 87. Goff, J. P., & Horst, R. L. (1997).** Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1260–1268. doi:10.3168/jds.s0022-0302(97)76055-7
- 88. González, F., Sulon, J., Garbayo, J. M., Batista, M., Cabrera, F., Calero, P., ... Beckers, J. F. (1999).** Early pregnancy diagnosis in goats by determination of pregnancy-associated glycoprotein concentrations in plasma samples. *Theriogenology*, 52(4), 717–725. doi:10.1016/s0093-691x(99)00165-x
- 89. González, F., Cabrera, F., Batista, M., Rodríguez, N., Álamo, D., Sulon, J., ... Gracia, A. (2004).** A comparison of diagnosis of pregnancy in the goat via transrectal ultrasound scanning, progesterone, and pregnancy-associated glycoprotein assays. *Theriogenology*, 62(6), 1108–1115. doi:10.1016/j.theriogenology.2003.12.009
- 90. Gow, C. B., McDowell, G. H., & Annison, E. F. (1981).** Control of gluconeogenesis in the lactating sheep. *Australian journal of biological sciences*, 34(4), 469-478.

91. **Greppi, G. F., M. Serrantoni, & Enne G. (1996).** Metabolic Profile and BCS [Body Condition Score] in Goats. In 3. Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants, Paris (France), 4-5 Dec 1996. Institut de l'Élevage.
92. **Greyling, J. P. C., & Van Niekerk, C. H. (1990).** Ovulation in the Boer goat doe. *Small Ruminant Research*, 3(5), 457-464.
93. **Grizard, J., Attaix, D., Champredon, C., Bonin, D., & Arnal, M. (1988).** Orientations et coordination hormonale du métabolisme protéique chez les ruminants. *Reproduction Nutrition Développement*, 28(1), 19-37.
94. **Grum, D. E., Drackley, J. K., Younker, R. S., LaCount, D. W., & Veenhuizen, J. J. (1996).** Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *Journal of dairy science*, 79(10), 1850-1864. DOI: 10.3168/jds.S0022-3022(96)76553-0
95. **Gueguen, L., Lamand, M., & Meschy, F. (1988).** Nutrition minérale. In : *Jarrige, R. Alimentation des bovins, ovins, et caprins. Inst. Natl. Rech. Agron, Paris, 1988.* 95-111.
96. **Haenlein, G. F. W. (2004).** Goat milk in human nutrition. *Small ruminant research*, 51(2), 155-163.
97. **Harfoot, C.G. (1978).** Lipid metabolism in the rumen. *Progr.Lipid Res*, 17, 21-54.
98. **Harfoot, C.G., Hazlewood, G.P. (1997).** Lipid metabolism in the rumen. In : *Hobson P.N., Stewart C.S. (Eds.), The rumen microbial ecosystem. 2nd edition. Blackie Academic and Professional : Bury St Edmunds*, 382-426.
99. **Hervieu, J., Colomer-Rocher, F., Branca, A., Delfa, R., & Morand-Fehr, P. (1989).** Définition des notes d'état corporel des caprins. *Réseaux Agrimed et FAO de Recherches Coopératives sur les Ovins et les Caprins*, 5.
100. **Hervieu, J., Morand-Fehr, P., & Delfa, R. (1995).** Mise en place d'une échelle de notes caudales pour estimer l'état corporel des chèvres. In : *Purroy A. (ed.). Body Condition of Sheep and Goats. Methodological aspects and applications*, A. Purroy (Editor), *Options Méditerranéennes*, 27, 133-140.
101. **Hay, W. W., Sparks, J. W., Wilkening, R. B., Battaglia, F. C., & Meschia, G. I. A. C. O. M. O. (1983).** Partition of maternal glucose production between conceptus and maternal tissues in sheep. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 245(4), E347-E350.
102. **Helmut, K. M., & Gregor F. (2012).** Physicochemical characteristics of goat's milk in Austria-seasonal variations and differences between six breeds. *Dairy science & technology*, 92(2), 167-177. DOI: 10.1007/s13594-011-0047-0

- 103. Hocquette, J. F., & Bauchart, D. (1999).** Intestinal absorption, blood transport and hepatic and muscle metabolism of fatty acids in preruminant and ruminant animals. *Reproduction Nutrition Development*, 39(1), 27-48.
- 104. Idowu, S. T., & Adewumi, O. O. (2017).** Genetic and non-genetic factors affecting yield and milk composition in goats. *Journal of Advances in Dairy Research*, 5(2), <https://doi.org/10.4172/2329-888X.1000175>
- 105. Ingvartsen, K. L., & Andersen, J. B. (2000).** Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *Journal of dairy science*, 83(7), 1573-1597.
- 106. Institut d'élevage. (2012).** L'élevage des chèvres.(ed) France Agricole, GFA Editions. 330p.
- 107. Institut National de la Recherche Agronomique. (2007).** Alimentation des bovins, ovins et caprins: besoins des animaux, valeurs des aliments: tables Inra 2007. Editions Quae, Versailles, 307p.
- 108. Iriadam, M. (2007).** Variation in certain hematological and biochemical parameters during the peri-partum period in Kilis does. *Small Ruminant Research*, 73(1-3), 54-57. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.11.001
- 109. ITELV. (2009)** Guide d'élevage caprin. Département des ruminants, Institut Technique des Elevages, 28p.
- 110. Ivanov, I., Rajič, I., Jovanovič, M. J., & Lalic, M. (1990).** Concentration of calcium in the blood serum in high-pregnant and lactating cows in intensive breeding. *Vet Glasnik*, 44, 359-364.
- 111. Jainudeen M.R., Wahid H., Hafez E.S.E. (2000).** Sheep and goats. In: Reproduction in farm animals, 172-181.
- 112. Janovick, N. A., Boisclair, Y. R., & Drackley, J. K. (2011).** Prepartum dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows. *Journal of dairy science*, 94(3), 1385-1400.
- 113. Jarrige, R. (1978).** Consommation d'aliments et d'eau. In: *Alimentation des ruminants*. INRA (Ed.), Paris, France, 177-206.
- 114. Jarrige, R. (1988).** Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, 476p.
- 115. Jarrige, R., Ruckebusch, Y., Demarquilly, C., Farce, M-H., & Journet, M. (1995).** Nutrition des ruminants domestiques: ingestion et digestion. Editions Quae. 921p.

116. Jouany, J. P., Broudiscou, L., Prins, R. A., & Komisarczuk-Bony, S. (1995). Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. *Nutrition des ruminants domestiques: Ingestion et digestion*, 349-381.
117. Kadi, S.A., Djellal, F., Mouhous, A. (2014). Conduite alimentaire des troupeaux caprins dans la région montagneuse de Tizi-Ouzou. *12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir »*, 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
118. Kaneko, J. J. (1997). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 5th ed.*, Academic Press, San Diego, 890-894.
119. Kaneko, J. J., Harvey, J. W., & Bruss, M. L. (Eds.). (2008). *Clinical biochemistry of domestic animals. 6th ed.* Academic press. 888p.
120. Karapehlivan, M., Atakisi, E., Atakisi, O., Yucayurt, R., & Pancarci, S. M. (2007). Blood biochemical parameters during the lactation and dry period in Tuj ewes. *Small Ruminant Research*, 73(1-3), 267–271. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.12.006
121. Kessler, J. (1991). Mineral nutrition of goats. In: *Goat Nutrition. Pudoc Wageningen, Netherlands*, 104-119.
122. Khemici, E., Mamou, M., Lounis, A., & Bounihi, D. (1993). Etude des ressources génétiques caprines de l'Algérie du nord à l'aide des indices de primarité. *Animal Genetic Resources Information Bulletin*, 17, 61-71.
123. Khemici, E., Lounis A., Mamou M., Sebâa-Abdelkader M., & Takoucht A. (1995). Indice de Primarité et Différenciation Génétique Des Populations Caprines de La Steppe (Arabia) et Du Désert (Mekatia) d'Algérie. *Genetics Selection Evolution* 27 (6): 503.
124. Kleppe, B. B., Aiello, R. J., Grummer, R. R., & Armentano, L. E. (1988). Triglyceride accumulation and very low density lipoprotein secretion by rat and goat hepatocytes in vitro. *Journal of dairy science*, 71(7), 1813-1822.
125. Knight, C. H., & Peaker, M. (1982). Development of the mammary gland. *Journal of Reproduction and Fertility*, 65(2), 521-536.
126. Kouri, F., Kouri, A., Amirat, Z., Khammar, F., Charallah, S. (2014). Enquête sur la lactation chez la chèvre Bédouine. *12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir »*, 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
127. Krajničáková, M., Kováč, G., Kostecký, M., Valocký, I., Maraček, I., Šutiaková, I., & Lenhardt, E. (2003). Selected clinico-biochemical parameters in the puerperal period of goats. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulaw*. 47: 177-182.

128. Kume, S., Yanamoto E., Kudo T., Toharmat T. & Nonaka I. (1998). Effect of Parity on Mineral Concentration in Milk and Plasma of Holstein Cows during Early Lactation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 11 (2): 133–138.
129. Ladd, M., Liddle, L., Gagnon, J. A., & Clarke, R. W. (1957). Glomerular and tubular functions in sheep and goats. *Journal of applied physiology*, 10(2), 249-255.
130. Le Frileux, Y., Pommaret A., Hervieu J., Morand-Fehr P., Brousseau J. Y, Contineau H., Dunord M., Dupont J. P., Grimault Y., & Broqua B. (1995). Analyse de Profils de l'état Corporel Des Chèvres Conduites Dans Différents Systèmes d'alimentation. *Body Condition of Sheep and Goats: Methodological Aspects and Applications. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéennes* 27: 151–160.
131. Legarto, J., Lefrileux, Y. (2012). L'alimentation des chèvres laitières. IN : *L'élevage des chèvres.*(ed) France Agricole, GFA Editions. 330p.
132. Liesegang, A. (2008). Influence of Anionic Salts on Bone Metabolism in Periparturient Dairy Goats and Sheep. *Journal of Dairy Science* 91 (6): 2449–2460.
133. Lu, C. D. (1989). Energy and Protein Nutrition in Lactating Dairy Goats. In *Proceedings of 24th Pacific Northwest Animal Nutrition Conference. Boise, Idaho*, 133–142.
134. Madani, T., Yakhlef, H., & Abbache, N. (2003). Les races bovines, ovines, caprines et camelines. *Recueil des Communications Atelier*, (3), 44-51.
135. Madani, T., Sahraoui H., & Benmakhlouf H. (2015). L'élevage Caprin En Algérie: Systèmes d'élevage, Performances et Mutations. In *Workshop National Sur "Valorisation Des Races Locales Ovines et Caprines à Faibles Effectifs", INRA" Institut National de La Recherche Agronomique d'Algérie", Ministère de l'Agriculture, Du Développement Rural et de La Pêche, Alger, Algérie, 2-3 Mars (2015).* <https://www.researchgate.net/publication/273119383>
136. Mahmoud, S., & Azab, M. (2014). Regulation of glucose level during late pregnancy and onset of lactation in Egyptian female Baladi goats. *Small Ruminant Research*, 121(2-3), 320-324.
137. Magistrelli, D., & Rosi F. (2014). Trend Analysis of Plasma Insulin Level around Parturition in Relation to Parity in Saanen Goats. *Journal of Animal Science* 92 (6): 2440–2446.
138. Malpaux, B., Viguié, C., Thiéry, J. C., & Chemineau, P. (1996). Contrôle photopériodique de la reproduction. *INRA Productions animales*, 9(1), 9-23. <https://prodinra.inra.fr/record/125124>

- 139. Manat, T. D., Chaudhary, S. S., Singh, V. K., Patel, S. B., & Puri, G. (2016).** Hematobiochemical profile in Surti goats during post-partum period. *Veterinary world*, *9*(1), 19. DOI: 10.14202/vetworld.2016.19-24
- 140. Martel, P., & Houdebine, L. M. (1982).**Effect of various drugs affecting cytoskeleton and plasma-membranes on the induction of DNA synthesis by insulin epidermal growth-factor and prolactin in mammary explants. *Biology of the cell*, *44*(2), 111-116.
- 141. Mayeriya, K., Ngoni, I. A., Mbiya, L., & Khang'Maté, A. B. (2017).** Détermination de la puberté et de l'âge à la première mise-bas des chevrettes en élevage familial à Lubumbashi, République Démocratique du Congo. *Journal of Applied Biosciences*, *109*(1), 10673-10679.
- 142. Mbassa, G. K., & Poulsen, J. S. D. (1991).** Influence of pregnancy, lactation and environment on some clinical chemical reference values in danish landrace dairy goats (*capra hircus*) of different parity—I. electrolytes and enzymes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, *100*(2), 413-422.
- 143. McClure, T. J. (1994).***Nutritional and metabolic infertility in the cow. 1st. Edn., Cab International, London. 47p.*
- 144. McDowell, L. R. (2003).***Minerals in animal and human nutrition. ed. Netherlands: Elsevier Science, 644p.*
- 145. Meites, J., Webster, H. D., Young, F. W., Thorp Jr, F., & Hatch, R. N. (1951).** Effects of corpora lutea removal and replacement with progesterone on pregnancy in goats. *Journal of Animal Science*, *10*(2), 411-416.
- 146. Mellado, M., Amaro, J. L., García, J. E., & Lara, L. M. (2000).** Factors affecting gestation length in goats and the effect of gestation period on kid survival. *The Journal of Agricultural Science*, *135*(1), 85–89. doi:10.1017/s0021859699007935
- 147. Merdjane, L., et Yakhlef, H. (2016).** Le déficit fourrager en zone semi-aride: une contrainte récurrente au développement durable de l'élevage des ruminants. *Revue Agriculture. Numéro spécial 1*. 43–51.
- 148. Meschy, F. (2000).** Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats. *Livestock Production Science*, *64*(1), 9-14.
- 149. Meschy, F. (2002).** Mineral Nutrition (Macro-Elements): Recent Progress in Goats. *Productions Animales (France)*.
- 150. Meschy, F. (2010).***Nutrition minérale des ruminants. Editions Quae. Versailles, France. 208p.*

151. Meschy, F., & Corrias, R. (2005). Recommandations d'apport alimentaire en calcium et magnésium absorbables pour les ruminants. *Rencontres, Recherches, Ruminants*, 12, 221-224.
152. Mirkena, T., Duguma, G., Haile, A., Tibbo, M., Okeyo, A. M., Wurzinger, M., & Sölkner, J. (2010). Genetics of adaptation in domestic farm animals: A review. *Livestock Science*, 132(1-3), 1-12. doi:10.1016/j.livsci.2010.05.003
153. Missohou, A., Ba, A. C., Dieye, P. N., Bah, H., Lo, A., & Guye, S. (2000). Ressources génétiques caprines d'Afrique de l'Ouest: système de production et caractères ethniques. In *7 e Conférence internationale sur les caprins, Recueil des communications, INRA* (pp. 15-18).
154. Monget, P., Froment, P., Moreau, C., Grimard, B., & Dupont, J. (2004). Les interactions métabolisme-reproduction chez les bovins Influence de la balance énergétique sur la fonction ovarienne. *Médecin Vétérinaire du Québec*, 34, 69-71.
155. Morand-Fehr, P., & Sauvant, D. (1978). Alimentation des caprins. In : R. Jarrige (Ed). *L'alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Versailles (France)*, 449-467.
156. Morand-Fehr, P., & Sauvant, D. (1980). Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. *Journal of Dairy Science*, 63(10), 1671-1680.
157. Morand-Fehr, P., & Sauvant, D. (1988). Alimentation des caprins. In : R. Jarrige (Ed). *L'alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris*, 281-304.
158. Morand-Fehr, P., & Sauvant, D. (1991). *Goat Nutrition. Pudoc Wageningen, Netherlands*, 308p.
159. Morand-Fehr, P., Sauvant, D., Rouzeau, A. (1977). Parameters indicating nutritional status of goats. *Zootechnica*, 19, 195-203.
160. Morand-Fehr, P., Branca, A., Santucci, P., & Napoleone, M. (1987). Méthodes d'estimation de l'état corporel des chèvres reproductrices. In *Symposium " Philoetios" sur L'évaluation des Ovins et des Caprins Méditerranéens. 23-25, 1987, Fonte Boa, Portugal, Rapport EUR 11 8930, POCE, Luxembourg*. 202-220.
161. Morand-Fehr, P., Bas, P., Hervieu, J., & Sauvant, D. (1990). Estimation de la teneur en lipides des chèvres laitières par diverses méthodes informant sur le métabolisme lipidique ou l'état corporel. *Reproduction Nutrition Development*, 30(Suppl2), 255s-256s.
162. Mouhous, A., Kadi, S.A., & Brabez, F. (2015). Strategies d'adaptation des éleveurs caprins en zone montagneuse de Tizi Ouzou (ALGERIE). *European Scientific Journal*, 11(2) :328-344.

- 163. Moula, N., Philippe, F. X., Ait Kaki, A., Leroy, P., & Antoine-Moussiaux, N. (2014).** Les ressources génétiques caprines en Algérie. *12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir »*, 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
- 164. Moustaria, A. (2008)** Identification des races caprines des régions arides en Algérie. In: *Revue des Régions Arides*. 21: 1378-1382.
- 165. Mundim, A. V., Costa, A. S., Mundim, S. A. P., Guimarães, E. C., & Espindola, F. S. (2007).** Influência da ordem e estádios da lactação no perfil bioquímico sanguíneo de cabras da raça Saanen Influence of parity and stage of lactation on the blood biochemical profile of Saanen goats. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59(2), 306-312.
- 166. Nagura, Y. (2004).** Utilization of goat milk and meat in Japan. *Farming Jpn*, 36(36), 9-13.
- 167. National Research Council (US). (2001).** Nutrient requirements of dairy cattle. *National Research Council*.381p.
- 168. National Research Council (US). (2007).** *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. The National Academies Press, Washington DC*, 362p.
- 169. Nazifi, S., Saeb, M., & Ghavami, S. M. (2002).** Serum lipid profile in iranian fat-tailed sheep in late pregnancy, at parturition and during the post-parturition period. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 49(1), 9-12. DOI: 10.1046/j.1439-0442.2002.00405.x
- 170. Nehra, V., Angulo, P., Buchman, A. L., & Lindor, K. D. (2001).** Nutritional and metabolic considerations in the etiology of nonalcoholic steatohepatitis. *Digestive diseases and sciences*, 46(11), 2347-2352.
- 171. Ouchene-Khelifi, N. A., Ouchene, N., Maftah, A., Da Silva, A. B., & Lafri, M. (2015).** Assessing admixture by multivariate analyses of phenotypic differentiation in the Algerian goat livestock. *Tropical animal health and production*, 47(7), 1343-1350.
- 172. Ouedraogo, G. A., Barry M., Kanwe B. A., & Sawadogo G. J. (2008).** Variations Des Profils Métaboliques Lors de Gestation a Terme et d'avortement Chez Des Chevres Mossi Au Burkina Faso. *Revue de Médecine Vétérinaire* 159 (2): 112.
- 173. Owens, F. N., & Zinn, R. (1988).** Protein metabolism of ruminants. The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. *Englewood Cliffs: Simon & Schuster*, 227-249.
- 174. Park, Y. W. (2012).** Goat milk and human nutrition. In *First Asia Dairy Goat Conference, 9-12 April, Kuala Lumpur, Malaysia*,9,31-38.

175. Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small ruminant research*, 68(1-2), 88-113. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.013
176. Payne, J. M. (1983). Maladies métaboliques des ruminants domestiques. *Editions du Point Veterinaire*. 190p.
177. Payne JM & Payne S. (1987). The Metabolic Profile Test. *Oxford University Press*, 179 pp.
178. Pazzola, M., Maria L D., Vincenzo C., Sebastiano L., Maria C M., & Giuseppe M V. (2011). Relationship between Milk Urea, Blood Plasma Urea and Body Condition Score in Primiparous Browsing Goats with Different Milk Yield Level. *Archives Animal Breeding* 54 (5): 546–556.
179. Pfeffer, E., Beede, D. K., & Valk, H. (2005). Phosphorus metabolism in ruminants and requirements of cattle. *Nitrogen and phosphorus nutrition in cattle*. (Eds E Pfeffer, AN Hristov) *CABI Publishing, Wallingford, UK*, 195-231.
180. Piccione, G., Messina, V., Giannetto, C., Casella, S., Assenza, A., & Fazio, F. (2011). Seasonal variations of the serum proteins in sheep and goats. *Archives Animal Breeding*, 54(4), 399-405.
181. Piccione, G., Messina, V., Vazzana, I., Dara, S., Giannetto, C., & Assenza, A. (2012). Seasonal variations of some serum electrolyte concentrations in sheep and goats. *Comparative Clinical Pathology*, 21(5), 911-915. DOI: 10.1007/s00580-011-1198-3
182. Piccione, G., Caola, G., Giannetto, C., Grasso, F., Runzo, S. C., Zumbo, A., & Pennisi, P. (2009). Selected biochemical serum parameters in ewes during pregnancy, post-parturition, lactation and dry period. *Animal Science Papers and Reports*, 27(4), 321-330.
183. Prior, R. L., & Christenson, R. K. (1978). Insulin and glucose effects on amino acid metabolism in pregnant and nonpregnant ewes. *Journal of animal science*, 46(1), 211-218.
184. Provenza, F. D., Villalba, J. J., Dziba, L. E., Atwood, S. B., & Banner, R. E. (2003). Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small ruminant research*, 49(3), 257-274. doi:10.1016/s0921-4488(03)00143-3
185. Pugh, D. G. (2011) *Nutritional Requirements of Goats*. *MSD Veterinary Manual*. Merck & Co., Inc., Kenilworth, NJ, USA.

- 186. Pullen, D. L., Liesman, J. S., & Emery, R. S. (1990).** A species comparison of liver slice synthesis and secretion of triacylglycerol from nonesterified fatty acids in media. *Journal of Animal Science*, 68(5), 1395-1399.
- 187. Quiroz-R, Gerardo F., Stephen J. LeBlanc, Todd F. Duffield, Darren W, Ken E. Leslie, & Robert M. J. (2009).** Reference Limits for Biochemical and Hematological Analytes of Dairy Cows One Week before and One Week after Parturition. *The Canadian Veterinary Journal* 50 (4): 383.
- 188. Radin, L., Shek Vugrovečki, A., Pejaković Hlede, J., Vince, S., Ljubičić, I., & Šimpraga, M. (2017).** Blood metabolites of extensively reared Croatian multi-coloured goats during early lactation and early gravidity. *Veterinarski arhiv*, 87(3), 273-280.
- 189. Radostits, O. M., & Gay, C. C. (2000).** Infectious bovine rhinotracheitis (IBR, Red nose), bovine herpesvirus-1 (BHV-1) infection. In (eds): *Veterinary Medicine, Radostits OM, Gay CC, Blood DC, Hinchcliff KW. Harcourt Publishers Ltd, London* 1417-1420.
- 190. Ramberg Jr, C. F., Johnson, E. K., Fargo, R. D., & Kronfeld, D. S. (1984).** Calcium homeostasis in cows, with special reference to parturient hypocalcemia. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 246(5), R698-R704.
- 191. Raphael, B. C., Dimick, P. S., & Puppione, D. L. (1973).** Lipid characterization of bovine serum lipoproteins throughout gestation and lactation. *Journal of dairy science*, 56(8), 1025-1032.
- 192. Reid, I. M., & Roberts, C. J. (1983).** Subclinical fatty liver in dairy cows--current research and future prospects. *Irish veterinary journal*.
- 193. Rémésy, C., & Demigné, C. (1979).** Effects of undernutrition during late pregnancy on gluconeogenesis and ketogenesis in twin-pregnant ewes. *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*.19 (1B) 241-250. EDP Sciences
- 194. Rémésy, C., Chilliard, Y., Rayssiguier, Y., Mazur, A., & Demigne, C. (1986).** Le métabolisme hépatique des glucides et des lipides chez les ruminants: principales interactions durant la gestation et la lactation. *Reproduction Nutrition Développement*, 26(1B), 205-226.
- 195. Reveau, A., Broqua, C., Bossis, N., Cherbonnier, J., Poupin, B., Fouilland, C., Jenot, F., Lauret, A., Letourneau, P. (1998).** La mamelle : anatomie et sécrétion du lait .*L'éleveur de chèvres*, 4, 1-3.

196. Ribeiro, N. L., Costa, R. G., Pimenta Filho, E. C., Ribeiro, M. N., Crovetto, A., Saraiva, E. P., & Bozzi, R. (2016). Adaptive profile of Garfagnina goat breed assessed through physiological, haematological, biochemical and hormonal parameters. *Small Ruminant Research*, 144, 236–241. doi:10.1016/j.smallrumres.2016.10.001
197. Robson, A. B., Field, A. C., Sykes, A. R., & McKinnon, A. E. (1997). A model of magnesium metabolism in young sheep. Magnesium absorption and excretion. *British journal of nutrition*, 78(6), 975-992.
198. Rodriguez, M. N., Tebot, I., Bas, A. L., Nievas, C., Cirio, A., & Leng, L. (1996). Renal functions and urea handling in pregnant and lactating Corriedale ewes. *Canadian Journal of Animal Science*, 76(3), 469–472. doi:10.4141/cjas96-070
199. Romano, J. E., & Benech, A. (1996). Effect of service and vaginal-cervical anesthesia on estrus duration in dairy goats. *Theriogenology*, 45(3), 691–696. doi:10.1016/0093-691x(95)00415-5
200. Sadjadian, R., Seifi, H. A., Mohri, M., Naserian, A. A., & Farzaneh, N. (2013). Variations of energy biochemical metabolites in periparturient dairy Saanen goats. *Comparative Clinical Pathology*, 22(3), 449-456. doi:10.1007/s00580-012-1431-8
201. Sahlu, T., Goetsch, A. L., Luo, J., Nsahlai, I. V., Moore, J. E., Galyean, M. L., ... & Johnson, Z. B. (2004). Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. *Small Ruminant Research*, 53(3), 191-219.
202. Sahraoui, H., et Madani, T. (2014). Paramètres morpho-biométriques de la population caprine locale dite « Arbia ». *12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir », 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.*
203. Sahraoui, H., Madani, T., & Kermouche, F. (2016). Le développement d'une filière lait caprin en régions de montagne: un atout pour un développement régional durable en Algérie. *Options Méditerranéennes, série A*, (115), 677-681.
204. Samardžija, M., Vince, S., & Đuričić, D. (2013). Association of parity, fecundity and body condition score with blood serum concentration of some metabolites during pre and post parturient period in German Improved Fawn goats. *Vet. arhiv*, 83(5), 469-477.
205. Santucci, P. M., & Maestrini, O. (1985). Body conditions of dairy goats in extensive systems of production: method of estimation. *Annales de zootechnie*. 34. (4). 473-474.

- 206. Santucci, P. M., Branca, A., Napoleone, M., Bouche, R., Aumont, G., Poisot, F., & Alexandre, G. (1991).** Body condition scoring of goats in extensive conditions. *Goat nutrition*, 46, 240-250.
- 207. Sauvant, D. (1988).** La composition et l'analyse des aliments. In Jarrige. R Ed, *Alimentaion des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris.* 305-314.
- 208. Sauvant, D., & Bas, P. (2001).** La digestion des lipides chez le ruminant. *Productions Animales* 5 (14), 303-310.
- 209. Sauvant, D., et Giger-Reverdin, S. (2018).** Caprins en lactation et en croissance. IN: *L'alimentation des ruminants: Apports nutritionnels, besoins et réponses des animaux, rationnements, tables des valeurs des aliments. Editeurs : versailles : Quae,* 2018.728p
- 210. Sauvant, D., Chilliard, Y., & Morand-Fehr, P. (1991).** Etiological aspects of nutritional and metabolic disorders of goats. *Goat. Nutrition .P. Morand-Fehr (ed.).Pudoc. Wageningen, Netherlands,* 124-142.
- 211. Sauvant, D., Perez, J. M., & Tran, G. (2002).** Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. *Bulletin Vétérinaire Bimestriel-Société Vétérinaire Pratique De France,* 86(5), 329-329.
- 212. Sauvant, D, Sylvie G, Francois M, Laurence P, & Philippe S.(2012).** Actualisation Des Recommandations Alimentaires Pour Les Chèvres Laitières.*Productions Animales* 25 (3): 259.
- 213. Sevilla, C. C., & Ternouth, J. H. (1981).** Effects of dietary levels of calcium and phosphorus absorption in sheep. *Proc. Australian Society Animal Production.* 13, 449-452.
- 214. Sharma, A. K., & Kataria, N. (2012).** Influence of season on some serum metabolites of Marwari goats. *Indian Journal of Small Ruminants,* 18(1), 52-55.
- 215. Shelton, M. (1978).** Reproduction and breeding of goats. *Journal of Dairy Science,* 61(7), 994-1010.
- 216. Sherman, D. M., & Robinson, R. A. (1983).** Clinical examination of sheep and goats. *The Veterinary clinics of North America. Large animal practice,* 5(3), 409-426.
- 217. Šimpraga, M., Šmuc, T., Matanović, K., Radin, L., Shek-Vugrovečki, A., Ljubičić, I., & Vojta, A. (2013).** Reference intervals for organically raised sheep: Effects of breed, location and season on hematological and biochemical parameters. *Small ruminant research,* 112(1-3), 1-6.

218. Singh, V., Singh, R., & Beigh, S. A. (2016). Plasma iron, hemoglobin and packed cell volume during puerperal period in beetal goats. *Journal of Animal Research*, 6(1), 115.
219. Sinha, Y. N., & Tucker, H. A. (1969). Mammary Development and Pituitary Prolactin Level of Heifers from Birth through Puberty and during the Estrous Cycle. *Journal of Dairy Science*, 52(4), 507–512. doi:10.3168/jds.s0022-0302(69)86595-1
220. Soares, G. S. L., Souto, R. J. C., Cajueiro, J. F. P., Afonso, J. A. B., Rego, R. O., Macêdo, A. T. M., ...& Mendonça, C. L. (2018). Adaptive changes in blood biochemical profile of dairy goats during the period of transition. *Revue Médecine. Vétérinaire*, 169(1-3), 65-75.
221. Sobiech, P., Milewski, S., Zduńczyk, S. (2008). Yield and composition of milk and blood biochemical components of ewes nursing a single lamb or twins. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 52 (4):591-596.
222. Soltner, D. (1993). *La reproduction des animaux d'élevage. Zootechnie générale, Tome 1., 2^e édition, Collection Sciences et Techniques Agricoles.* 228p.
223. Skotnicka, E., Muszczyński, Z., & Suska, M. (2011). Effect of the periparturient period on serum lipid and cholesterol lipoprotein concentrations in goats (*Capra hircus*). *Acta Veterinaria Hungarica*, 59(4), 445–454. doi:10.1556/avet.2011.032
224. Smith, R. W., & Walsh, A. (1988). Effects of pregnancy and lactation on the metabolism of bovine adipose tissue. *Research in veterinary science*, 44(3), 349-353.
225. Smith, M. C., & Sherman, D. M. (2009). *Goat medicine. Wiley-Blackwell, Publication. 2nd ed.* 871p.
226. Sousa, N. M., Gonzalez, F., Karen, A., El Amiri, B., Sulon, J., Baril, G., ... & Beckers, J. F. (2004). Diagnostic et suivi de gestation chez la chèvre et la brebis. *Renc. Rech. Ruminants*, 11, 377-380.
227. Tamminga, S., & Doreau, M. (1991). Lipids and rumen digestion. In :Jouany J.-P. (Ed.), *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. Institut National de la Recherche Agronomique : Paris, 1991*, 151-163.
228. Tanritanir, P., Dede, S., & Ceylan, E. (2009). Changes in some macro minerals and biochemical parameters in female healthy Siirt hair goats before and after parturition. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(3), 530-533.
229. Tefiel, H., Ata, N., Chahbar, M., Benyarou, M., Fantazi, K., Yilmaz, O., ... & Gaouar, S. B. S. (2018). Genetic characterization of four Algerian goat breeds assessed by microsatellite markers. *Small Ruminant Research*, 160, 65-71.

- 230. Tennah, S., Farnir, F., Laouadi, M., Leroy, P., Antoine-Moussiaux, N., & Kafidi N. (2014).** Conservation de la diversité des ressources génétiques ovines et caprines en Algérie. *12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir »*, 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
- 231. Tennah, S., Farnir, F., Leroy, P., Antoine- Moussiaux, N., & Kafidi N. (2014).** Place et importance des caprins dans la filière lait en Algérie. *12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir »*, 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
- 232. Tharwat, M., Ali, A., & Al-Sobayil, F. (2015).** Hematological and biochemical profiles in goats during the transition period. *Comparative Clinical Pathology*, 24(1), 1-7. DOI: 10.1007/s00580-013-1842-1
- 233. Tisserand, J. L., Hadjipanayiotou, M., & Gihad, E. A. (1991).** Digestion in goats. *Goat nutrition*, 46-60.
- 234. Tomović, V. M., Jakanović, M. R., Švarc-Gajić, J. V., Vasiljević, I. M., Šojić, B. V., Škaljac, S. B., ... Žujović, M. M. (2016).** Physical characteristics and proximate and mineral composition of Saanen goat male kids meat from Vojvodina (Northern Serbia) as influenced by muscle. *Small Ruminant Research*, 145, 44–52. doi:10.1016/j.smallrumres.2016.10.019
- 235. Tucker, H. A. (1981).** Physiological Control of Mammary Growth, Lactogenesis, and Lactation. *Journal of Dairy Science*, 64(6), 1403–1421. doi:10.3168/jds.s0022-0302(81)82711-7
- 236. Tucker, H. A. (2000).** Hormones, Mammary Growth, and Lactation: a 41-Year Perspective. *Journal of Dairy Science*, 83(4), 874–884. doi:10.3168/jds.s0022-0302(00)74951-4
- 237. Underwood, E. J., & Suttle, N. F. (1999).** *The mineral nutrition of livestock, 3rd. Edition*, CAB International, 614.
- 238. Vaillancourt, D., & Lefebvre, R. (2003).** La gestion de la reproduction chez les petits ruminants: Le contrôle du cycle œstral. *Médecin vétérinaire du Québec*, 33(1-2), 43-49.
- 239. Vasava, P. R., Jani, R. G., Goswami, H. V., Rathwa, S. D., & Tandel, F. B. (2016).** Studies on clinical signs and biochemical alteration in pregnancy toxemic goats. *Veterinary world*, 9(8), 869-874.
- 240. Vazquez-Anon, M., Bertics, S., Luck, M., Grummer, R. R., & Pinheiro, J. (1994).** Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *Journal of dairy science*, 77(6), 1521-1528.

- 241. Verite, R., & Peyraud, J. L. (1988).** Nutrition azotée. In *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Inst. Natl. Rech. Agron, Paris. 75-93.
- 242. Verite, R., & Chilliard, Y. (1992).** Effect of age of dairy cows on body composition changes throughout the lactation cycle as measured with deuteriated water. *Annales de zootechnie* .41 (1), 118-118.
- 243. Vermorel, M., (1988).** Nutrition énergétique. In : *Jarrige, R. Alimentation des bovins, ovins, et caprins*. Inst. Natl. Rech. Agron, Paris. 57-74.
- 244. Vermorel, M., Bocquier, F., Vernet, J., Brelurut, A., (1985).** Mobilisation and reconstitution of body reserves in dairy ewes studied by indirect calorimetry and D20 dilution technique. *Comm. 10th int. Symp. Energy metabolism, Airlie, Virginia, USA*, 4pp.
- 245. Vojta, A., Shek-Vugrovečki, A., Radin, L., Maša, E., Pejaković, J., & Šimpraga, M. (2011).** Hematological and biochemical reference intervals in Dalmatian pramenka sheep estimated from reduced sample size by bootstrap resampling. *Veterinarski arhiv*, 81(1), 25.
- 246. Wango, E. O., Heap, R. B., & Wooding, F. B. P. (1992).** Regulation of steroid synthesis and metabolism in isolated binucleate cells of the placenta in sheep and goats. *Reproduction*, 94(1), 203-211.
- 247. Wang -Sheng, Z., H. Shi -Liang, Y. Kang, W. Hui , W. Wei , L. Juan , L. Jun .(2014).** Lipoprotein Lipase, Tissue Expression and Effects on Genes Related to Fatty Acid Synthesis in Goat Mammary Epithelial Cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(12), 22757–22771. doi:10.3390/ijms151222757
- 248. Wathes, D. C., Cheng Z., Bourne N., Taylor V. J., Coffey M. P., & Brotherstone S.. (2007).** Differences between Primiparous and Multiparous Dairy Cows in the Inter-Relationships between Metabolic Traits, Milk Yield and Body Condition Score in the Periparturient Period. *Domestic Animal Endocrinology* 33 (2): 203–225.
- 249. Waziri, M. A., Ribadu, A. Y., & Sivachelvan, N. (2010).** Changes in the serum proteins, hematological and some serum biochemical profiles in the gestation period in the Sahel goats. *Vet. Arhiv*, 80(2), 215-224.
- 250. Webb, E. C., Casey, N. H., & Simela, L. (2005).** Goat meat quality. *Small ruminant research*, 60(1-2), 153-166. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.009
- 251. Wensing, T., & Van dijk, S., (1989).** Comparison of the lipoprotein pattern of the horse, the pony and the lactating and non-lactating cow obtained by a combination of an ultracentrifugation and a precipitation technique. *Comparative biochemistry and physiology. B, Comparative biochemistry*, 94(4), 735-738.

252. Wittwer, F. (2000). Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. *Doze leituras em bioquímica clínica veterinária*, 58.
253. Wolter, R. (1988). Besoins vitaminiques des ruminants. *INRA Productions animales*, 1(5), 311-318.
254. Wooding, F. B. P. (1992). The synepitheliochorial placenta of ruminants: binucleate cell fusions and hormone production. *Placenta*, 13(2), 101-113.
255. Yahia, A., Kaidi, R., Hammoudi, S. M., Hamrat, A. (2014). Les caprins autochtones en Algérie sont-ils saisonniers ?. *12^e Journées Internationales des Sciences Vétérinaires « Filière des petits ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir »*, 06-07 Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
256. Yokus, B., Cakir, D. U., Kanay, Z., Gulten, T., & Uysal, E. (2006). Effects of Seasonal and Physiological Variations on the Serum Chemistry, Vitamins and Thyroid Hormone Concentrations in Sheep. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 53(6), 271-276. doi:10.1111/j.1439-0442.2006.00831.x
257. Young, J. W. (1977). Gluconeogenesis in cattle: significance and methodology. *Journal of dairy science*, 60(1), 1-15.
258. Yousfi, M., Chachoua, I., et Bougouffa, N. (2017). Contribution des parcours à l'alimentation des petits ruminants en steppe et dans la wilaya de Djelfa, Algérie. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #39*. Retrieved February 22, 2019, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/2/moha29039.html>
259. Zarrouk, A., Souilem, O., Drion, P., & Beckers, J. F. (2001). Caractéristiques de la reproduction dans l'espèce caprine. *Annales de médecine vétérinaire*. 145, 98-105.
260. Zumbo, A., Di Rosa, A. R., Casella, S., & Piccione, G. (2007). Changes in some blood haematochemical parameters of Maltese goats during lactation. *Journal of Animal Veterinary Advances*, 6(5), 706-711.

Annexes

ANNEXES

ANNEXE A:

Etude 1 : Variations des paramètres sanguins durant différents stades de production chez la chèvre Arbia âgée d'une année

Tableau 1 : Concentrations plasmatiques périphériques du glucose, du cholestérol, des triglycérides et d'albumine chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production (moyenne \pm écart-type, n = 10)

Stade de production	Métabolites sanguins			
	Glucose (mmol/L)	Cholestérol (mmol/L)	Triglycérides (mmol/L)	Albumine (g/L)
Avant gestation	3,08 \pm 0,52 ^{ad}	1,85 \pm 0,34	0,40 \pm 0,11 ^a	33,29 \pm 3,44 ^a
Fin gestation	3,45 \pm 0,58 ^{acd}	2,06 \pm 0,23	0,54 \pm 0,21 ^b	32,45 \pm 1,56 ^a
Début lactation	3,54 \pm 0,26 ^{df}	1,87 \pm 0,22	0,16 \pm 0,05 ^c	33,26 \pm 2,16 ^{ad}
Milieu lactation	2,92 \pm 0,56 ^{ae}	1,91 \pm 0,32	0,24 \pm 0,06 ^{cef}	36,00 \pm 6,15 ^{ab}
Stade tardif	3,45 \pm 0,33 ^{deg}	1,92 \pm 0,30	0,28 \pm 0,05 ^{aedg}	33,09 \pm 4,78 ^a
Fin lactation	3,45 \pm 0,62 ^{edf}	1,92 \pm 0,27	0,19 \pm 0,08 ^{cfg}	37,27 \pm 3,13 ^{bcd}
Période sèche	3,84 \pm 0,78 ^{bcfg}	2,03 \pm 0,32	0,32 \pm 0,12 ^{ae}	41,20 \pm 5,07 ^c

Les moyennes dans la même colonne avec des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Tableau 2 : Concentrations plasmatiques périphériques de protéines totales, de globulines, d'urée et de créatinine chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production (moyenne \pm écartype, n = 10).

	Métabolites sanguins			
Stade de production	Protéines totales (g/L)	Globulines (g/L)	Urée (mmol/L)	Créatinine (mg/L)
Avant gestation	66,00 \pm 5,26 ^a	32,70 \pm 3,24 ^a	6,05 \pm 0,67 ^{ac}	5,45 \pm 0,72 ^{ac}
Fin gestation	68,10 \pm 2,79 ^{abc}	35,66 \pm 3,15 ^{ad}	4,68 \pm 1,42 ^a	8,17 \pm 0,71 ^b
Début lactation	73,25 \pm 2,05 ^{bcd}	39,99 \pm 3,45 ^{bdf}	5,59 \pm 1,5 ^{ac}	6,22 \pm 0,66 ^{da}
Milieu-lactation	73,00 \pm 8,12 ^{cd}	36,99 \pm 8,35 ^{aef}	5,43 \pm 1,16 ^{ac}	5,85 \pm 1,42 ^{dae}
Stade tardif	67,30 \pm 6,34 ^a	35,15 \pm 6,17 ^a	6,57 \pm 1,12 ^{cdf}	5,00 \pm 1,17 ^{ce}
Fin lactation	77,00 \pm 2,72 ^d	39,72 \pm 1,90 ^{bde}	7,59 \pm 1,96 ^{bd}	5,30 \pm 0,42 ^e
Période sèche	65,50 \pm 6,63 ^a	24,29 \pm 4,40 ^c	5,20 \pm 2,14 ^{af}	4,11 \pm 0,66 ^c

Les moyennes dans la même colonne avec des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Tableau 3: Concentrations plasmatiques périphériques d'AST, d'ALT, de Ca et de Pi chez la chèvre Arbia âgée d'une année selon le stade de production (moyenne \pm écartype, n = 10)

Stade de production	Métabolites sanguins			
	AST (U/L)	ALT (U/L)	Ca (mmol/L)	Pi (mmol/L)
Avant gestation	79,50 \pm 10 ^{ab}	19,75 \pm 3,49 ^{abc}	2,24 \pm 0,28 ^a	1,25 \pm 0,34 ^a
Fin gestation	84,62 \pm 17,95 ^a	18,00 \pm 3,66 ^{ab}	2,22 \pm 0,07 ^a	1,63 \pm 0,55 ^{ab}
Début lactation	87,37 \pm 17,61 ^a	15,37 \pm 3,54 ^a	2,21 \pm 0,10 ^a	1,60 \pm 0,64 ^{ab}
Milieu-lactation	72,37 \pm 10,96 ^{ac}	15,25 \pm 3,65 ^a	2,03 \pm 0,28 ^a	1,64 \pm 0,65 ^{ab}
Stade tardif	69,83 \pm 18,37 ^{bc}	14,5 \pm 7,8 ^a	2,21 \pm 0,27 ^a	1,99 \pm 0,66 ^b
Fin lactation	91,75 \pm 19,96 ^a	21,25 \pm 9,51 ^{bc}	2,54 \pm 0,14 ^b	1,89 \pm 0,61 ^{bc}
Période sèche	115,37 \pm 37,3 ^d	23,12 \pm 3,97 ^c	2,05 \pm 0,25 ^a	1,40 \pm 0,47 ^{ac}

Les moyennes dans la même colonne avec des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Tableau 4 : Concentrations plasmatiques périphériques de Na, K, Cl, Mg et Fe chez la chèvre Arbia âgée d'une année à différents stades de production (moyenne \pm écartype, n = 10)

Stade de production	Métabolites sanguins				
	Na (mmol/L)	K (mmol/L)	Cl (mmol/L)	Mg (mmol/L)	Fe (μ mol/L)
Avant gestation	137,91 \pm 2,07 ^a	3,86 \pm 0,35 ^a	108,48 \pm 2,71 ^{ac}	0,90 \pm 0,08 ^a	18,85 \pm 2,31 ^a
Fin gestation	148,75 \pm 1,16 ^b	4,13 \pm 0,55 ^{ab}	110,50 \pm 1,6 ^{ac}	1,05 \pm 0,07 ^{ac}	19,85 \pm 9,58 ^a
Début lactation	147,75 \pm 3,32 ^b	4,32 \pm 0,45 ^{bc}	111,12 \pm 2,29 ^a	1,05 \pm 0,04 ^{bc}	23,26 \pm 4,47 ^a
Milieu lactation	145,62 \pm 8,19 ^b	4,32 \pm 0,38 ^{bc}	109,62 \pm 4,17 ^{ac}	0,97 \pm 0,27 ^{ac}	13,00 \pm 2,47 ^b
Stade tardif	146,00 \pm 4,40 ^b	4,57 \pm 0,3 ^c	110,12 \pm 3,13 ^{ac}	1,06 \pm 0,07 ^{bc}	19,96 \pm 3,05 ^a
Fin lactation	148,75 \pm 2,37 ^b	4,50 \pm 0,18 ^{bc}	108,12 \pm 1,88 ^c	1,07 \pm 0,13 ^{bc}	21,58 \pm 3,88 ^a
Période sèche	146,5 \pm 5,26 ^b	4,35 \pm 0,39 ^{bc}	109,62 \pm 2,82 ^{ac}	0,92 \pm 0,18 ^{ac}	18,51 \pm 5,61 ^a

Les moyennes dans la même colonne avec des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ($p < 0,05$).

ANNEXE B :

Etude 3 : Profils minéro-biochimiques des chèvres Arbia (1-4 ans) au cours du péri-partum

Tableau 1 : Niveaux biochimiques plasmatiques au cours du péri-partum chez les chèvres Arbia âgées de 1 à 4 ans (moyenne \pm SEM)

Paramètre	Période péri-partum		valeur de p
	1Semaine Pré-Partum	3Semaine Post-Partum	
Glu (g/L)	0,58 \pm 0,21	0,59 \pm 0,01	0,741
Créat (mg/L)	10,09 \pm 0,96 ^a	5,92 \pm 0,18 ^b	0,001
Urée (g/L)	0,31 \pm 0,021	0,33 \pm 0,02	0,496
CHO (g/L)	0,81 \pm 0,041	0,77 \pm 0,03	0,267
TG (g/L)	0,43 \pm 0,053 ^a	0,13 \pm 0,01 ^b	<0,000
TP (g/L)	70,47 \pm 0,93 ^a	73,59 \pm 1,06 ^b	0,039
Alb(g/L)	32,75 \pm 1,08	33,69 \pm 0,54	0,267

Les moyennes dans la même rangée avec différentes lettres en exposant sont significativement différentes (p <0,05).

Tableau 2 : Teneur en minéraux plasmatiques au cours du péri-partum chez les chèvres Arbia âgées de 1 à 4 ans (moyenne \pm SEM)

Paramètre	Période péri-partum		Valeur de <i>p</i>
	1Semaine Pré-Partum	3Semaine Post-Partum	
Ca (mg/L)	89,84 \pm 1,31	86,35 \pm 2,75	0,243
P (mg/L)	53,77 \pm 5,14	47,75 \pm 5,58	0,107
Na (mmol/L)	148,59 \pm 0,33	147,11 \pm 0,93	0,125
K (mmol/L)	4,15 \pm 0,11	4,26 \pm 0,10	0,593

Les moyennes dans la même rangée avec différentes lettres en exposant sont significativement différentes ($p < 0,05$).

ANNEXE C :



Photo (a)



Photo (b)



Photo (c)



Photo (d)

Photo(a),(b),(c) et(d) : chèvres Arbia en gestation(a,b,c : des chèvres multipares ;(d)une chèvre primipare)



Photo (e)



Photo (f)



Photo (g)



Photo (h)

Photo(e),(f),(g) et(h) : chèvreux Arbia sous pis



Photo (i)



Photo (j)



Photo (k)



Photo (l)

Photo(i),(j),(k) et(l) : chèvres Arbia avec leur chevreaux



Photo (m)

Photo(m): chevreaux Arbia jumeaux (4 jours après la naissance)

Résumé

Résumé

Cette recherche a été réalisée dans le but d'étudier l'effet du stade physiologique des chèvres Arbia sur certains paramètres sanguins biochimiques et minéraux dans une région semi-aride du Nord-est Algérien.

Vingt-six (26) chèvres Arbia ont été choisies dans une ferme privée située dans la wilaya d'Oum El Bouaghi. L'état sanitaire et nutritionnel de ces chèvres a été suivi durant la période d'étude (2013-2104). Elles ont fait l'objet de trois (3) études. La première étude a concerné le suivi des variations des paramètres sanguins chez dix (10) chèvres primipares âgées d'une année durant les stades physiologiques : avant gestation, 1 semaine avant la parturition (fin gestation), 3^{ème}, 8^{ème}, 12^{ème}, et 16^{ème} semaine de lactation, et 2 semaines après le sevrage. Dans la deuxième étude, une comparaison a été faite entre les variations des paramètres sanguins, de la note d'état corporel (NEC) et du poids vif (PV) entre dix (10) chèvres primipares âgées d'une année et dix (10) chèvres multipares âgées de 2 à 4 ans, durant différents stades de lactation (à la 3^{ème}, 8^{ème}, 12^{ème}, et 16^{ème} semaine). La troisième étude a visé l'étude des variations des paramètres sanguins chez dix-sept (17) chèvres âgées de 1 à 4 ans, durant le péri-partum: 1 semaine avant (1SPrP) et 3^{ème} semaine après la parturition (3 SPP). Le dosage plasmatique a concerné les paramètres sanguins suivants : glucose, cholestérol, triglycérides, protéines totales, albumine, urée, créatinine, calcium, phosphore, magnésium, fer, sodium, chlore et potassium aussi l'activité enzymatique d'ALT et d'AST. Le taux des globulines a été calculé à partir des taux de protéines totales et de l'albumine.

Les résultats de la première étude, ont démontré que les mécanismes physiologiques des chèvres primipares âgées d'une année, présentent une adaptation aux différents stades de production étudiés. Les résultats de la deuxième étude, ont également montré des différences significatives entre les variations des concentrations plasmatiques de : glucose, créatinine, cholestérol, triglycérides, protéines totales, globulines, phosphore inorganique, fer et potassium entre les chèvres primipares et les chèvres multipares durant différents stades de la lactation, et que la NEC était constante durant la période 3 à 16 semaines de lactation chez toutes les chèvres (primipares et multipares) avec des corrélations significatives entre la NEC et certains paramètres sanguins et avec le PV particulièrement à la 8^{ème} et à la 16^{ème} semaine de lactation. La période péri-partum a eu une influence significative sur la concentration plasmatique de la créatinine, des triglycérides et les protéines totales chez dix-sept (17) chèvres (1 à 4 ans). Des corrélations significatives ont été également notées entre certains paramètres sanguins aux stades 1SPrP et 3SPP.

En conclusion, il est possible d'affirmer que la détermination de la concentration des paramètres sanguins à différents stades physiologiques de reproduction revêt une grande importance pour le suivi sanitaire et nutritionnel des chèvres Arbia vivants dans les zones semi-aride, en particulier en fin de gestation et au début de lactation afin d'augmenter la production animale (naissance et production du lait). En outre, il a été démontré que certains indicateurs sanguins étaient spécifiques pour cette race par rapport aux résultats obtenus chez d'autres races de chèvre dans le monde.

Mots clés : Chèvre Arbia, paramètres biochimiques et minéraux, gestation, lactation, semi-aride, Nord-est de l'Algérie (Oum El Bouaghi).

ملخص

أنجز هذا البحث بغية دراسة تأثير الطور الفسيولوجي لأنثى ماعز " العربية " على بعض الوسائط الدموية البيوكيميائية والمعدنية وذلك في المناطق شبه الجافة للشمال الشرقي الجزائري. تم اختيار ستة و عشرون (26) أنثى ماعز " العربية" في مزرعة خاصة تقع في مدينة أم البواقي. تمت متابعة هذه العنزات صحيا وغذائيا خلال طيلة مدة البحث (2013-2014)، حيث خضعت هذه الأخيرة إلى ثلاث دراسات : الدراسة الأولى اهتمت بمتابعة تغيرات الوسائط الدموية عند عشر (10) عنزات بكر (حامل لأول مرة) و عمرها سنة واحدة؛ خلال الفترات الفسيولوجية التالية: قبل الحمل، أسبوع قبل الولادة، عند الأسبوع الثالث، الثامن، الثاني عشر والسادس عشر من الرضاعة، وكذا عند الأسبوع الثاني بعد الفطام. أما الدراسة الثانية تم خلالها مقارنة تغيرات الوسائط الدموية، مؤشر الحالة البدنية (NEC) والأوزان (PV)؛ بين (10) عنزات بكر و(10) عنزات عديدة الولادة وذلك خلال الفترات: 3، 8، 12 و 16 أسبوع بعد الولادة، أما في الدراسة الثالثة تمت متابعة تغيرات بعض الوسائط الدموية عند 17 عنزة يتراوح عمرها بين 1 و 4 سنوات وذلك بين فترة الأسبوع الأول قبل الولادة و الأسبوع الثالث بعد الولادة (Péri-Partum). تمت معايرة الوسائط الدموية التالية: الغلوكوز، الكوليسترول، ثلاثي الدهون، البروتين الكلي، الألبومين، اليوريا، الكرياتينين، وكذا المعادن (الكالسيوم، الفوسفور غير العضوي، المغنزيوم، الحديد، الصوديوم، الكلور والبوتاسيوم) بالإضافة إلى الأنزيمات ALT وAST. أما بالنسبة للغلوبيولين فقد تم حساب تركيزه انطلاقا من قيم البروتين الكلي والألبومين. أظهرت النتائج أن الآليات الفسيولوجية لعنزات "العربية" في الدراسة الأولى أظهرت تكيفا مع مختلف الأطوار الفسيولوجية المدروسة، كما تبين أيضا من خلال نتائج الدراسة الثانية وجود فروقات معنوية بين تغيرات تراكيز كل من الغلوكوز، الكرياتينين، الكوليسترول، ثلاثي الدهون، البروتين الكلي، الغلوبيولين، الفوسفور غير العضوي، الحديد والبوتاسيوم بين العنزات البكر وعنزات عديدة الولادة، وذلك خلال فترات مختلفة من مرحلة الرضاعة. كما تبين أن مؤشر الحالة البدنية ثابت خلال الفترة الممتدة من 3 إلى 16 أسبوع عند جميع عنزات " العربية " (البكر و عديدة الولادة)، مع تسجيل علاقات ذات دلالات إحصائية معنوية بين مؤشر الحالة البدنية وبعض الوسائط الدموية وكذا أوزان العنزات خاصة في فترتي 8 و 16 أسبوع. أثرت فترة الأسبوع الأول قبل الولادة و الأسبوع الثالث بعد الولادة (Péri-Partum) في الدراسة الثالثة بشكل واضح على تراكيز كل من الكرياتينين وثلاثي الدهون وكذا تركيز البروتين الكلي وذلك عند عنزات "العربية" (1-4 سنوات) بالإضافة إلى تسجيل علاقات ذات دلالة إحصائية معنوية بين بعض الوسائط الدموية أثناء فترتي أسبوع واحد قبل الولادة و ثلاث أسابيع بعد الولادة. من خلال هذا البحث يمكن القول أن تحديد تركيز الوسائط الدموية خلال مختلف الأطوار الفسيولوجية يعتبر ذو أهمية كبيرة للمتابعة الصحية والغذائية لعنزات " العربية " في المناطق شبه الجافة خاصة أثناء فترة نهاية الحمل وبداية الرضاعة وذلك لضمان زيادة الإنتاج الحيواني (الولادة وإنتاج الحليب)، بالإضافة إلى أن بعض المؤشرات الدموية أظهرت خصوصية لهذه السلالة مقارنة مع نتائج السلالات الأخرى للماعز في العالم.

الكلمات المفتاحية: عنزات "العربية"- الوسائط الدموية البيوكيميائية و المعدنية- الحمل- الرضاعة- شبه الجافة- الشمال الشرقي الجزائري (أم البواقي).

Abstract

This research was conducted to study the effect of the physiological stage of Arbia goats on certain biochemical and mineral blood parameters in the semi-arid regions of North-East of Algeria.

Twenty six (26) Arbia goats were selected in a farm located in Oum El-Bouaghi province. Their health and nutritional statute were monitored periodically throughout the research period (2013-2014). Three studies were conducted on these goats. In the first study, the blood parameters changes in ten (10) primiparous Arbia goats (one year old) had been followed-up, during the physiological periods of production: before pregnancy, one week before parturition (late pregnancy), 3rd, 8th, 12th and 16th week of lactation, and at two weeks of weaning. In the second one, variations of blood parameters, body score condition (BSC) and the body weight (BW) were compared between ten (10) primiparous and ten (10) multiparous Arbia goats during different stages of lactation (the 3rd, 8th, 12th and the 16th week of lactation). In the third study, the effect of peri-partum period (1 week before and 3rd week after parturition) on some blood parameters was studied in seventeen (17) Arbia goats, aged between 1 and 4 years. Blood samples were taken from the goats during each physiological stage for determination of plasma levels of certain parameters: glucose, cholesterol, triglyceride, total protein, albumin, urea, creatinine, ALT and AST, calcium, inorganic phosphorus, magnesium, iron, sodium, chlorine and potassium. Moreover, globulin concentration was calculated from total protein and albumin values.

The results of the first study demonstrated that the physiological mechanisms of primipares Arbia goats (1 year age old) showed an adaptation to different physiological stages of production. In addition, the second study results showed a significant differences in plasma concentrations of glucose, creatinine, cholesterol, triglyceride, total protein, globulin, inorganic phosphorus, iron and potassium, between primiparous (one year old) and multiparous (2-4 years old) Arbia goats during different stages of lactation period. Whereas, there were non-significant changes in BSC of all goats from 3 to 16 weeks, while there were significant correlations between BSC and blood parameters and goat's BW especially at 8th and at 16th week post-partum. 1 week pre-partum and 3rd week postpartum periods (Peri-partum) had a significant influence on the plasma creatinine and triglyceride concentrations as well as the total proteins concentration of all Arbia goats (1 to 4 years). There was also a significant negative correlation between creatinine and albumin during the 1st week pre-partum and positive correlation between creatinine and inorganic phosphorus. A significant positive correlation between inorganic phosphorus and potassium was recorded at the 3rd week postpartum.

In conclusion, determination of biochemical and mineral blood concentrations during various physiological stages in Arbia goats had a great importance particularly during late pregnancy and at the beginning of lactation, in order to ensure increasing production animal (birth and milk production). In addition, some blood indicators have been found to be specific to this breed in relation to results obtained in other goat breeds around the world.

Key words: Arbia goat, biochemical and mineral parameters, pregnancy, lactation, semi-arid, North-East of Algeria (Oum El Bouaghi).