

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

UNIVERSITE EL-HADJ LAKHDAR – BATNA



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT VETERINAIRE

N°ordre:

N° série:

**MEMOIRE DE MAGISTER
EN SCIENCES VETERINAIRES**

Option : Nutrition

Sujet :

**L'influence de l'âge, de la saison et de l'état
physiologique des caprins sur certains paramètres
sanguins**

Présenté par : HAFID Nadia
Née le : 16/06/1980 à Batna

Soutenu publiquement le :

Devant le jury composé de :

Dr. N. ALLOUI
Dr. T. MEZIANE
Dr. B. MAMACHE
Dr. O. BOUAZIZ

Prof.- Université de Batna : Président
Prof.- Université de Batna : Rapporteur
M.C.- Université de Batna : Examineur
M.C.- Université de Constantine : Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2005-2006

Remerciements

*A Monsieur N. Alloui,
Professeur à l'Université de Batna,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury.
Hommages respectueux.....*

*A Monsieur B. Mamache,
Maître de Conférences à l'Université de Batna,
Pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail
En acceptant d'être membre de mon jury.
Mes remerciements chaleureuses.....*

*A Monsieur O. Bouaziz,
Maître de Conférences à l'Université de Constantine,
Pour avoir accepté d'examiner ce travail.
Sincères remerciements.....*

Remerciements

*A Monsieur T. Meziane,
Professeur à l'Université de Batna,
Je le prie de trouver ici le témoignage de ma reconnaissance,
et ma plus profonde gratitude,
Pour l'aide précieuse et les conseils judicieux
Qu'il m'a prodiguée tout au long de cet humble travail.
Sa grande disponibilité ainsi que la confiance qu'il m'a toujours inspirée.
Encore merci.*

Remerciements chaleureux :

*A tous les professeurs et les enseignants du département vétérinaire.
A toute l'équipe de la station INRAA Sidi-Mehdi, Tougourt,
pour son aide, et surtout pour la disposition des animaux et du matériel.
A Mme Benlatreche et au personnel du laboratoire central
du CHU de Constantine, qui nous ont accueilli et à l'ensemble permis les analyses dans le
laboratoire de biochimie.
A Mr Boukaaboub pour son aide pour faire l'étude statistique de notre travail.
A Mr Laâmid et Mr Kadri : les responsables de la bibliothèque Vétérinaire
et d'Agronomie.
A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.*

Dédicaces

*A mes parents,
Pour leur soutien inconditionnel,
Leur sacrifices, leur tendresses, leur amour infinies,
Je souhaite trouveront en ce modeste travail le témoignage
De ma reconnaissance et tous mes affections.*

*A ma sœur : Amina,
Qui a été toujours près de moi,
Je lui souhaite tout le bonheur durant sa vie.*

*A mes chers frères : Mohammed, Larbi, et El-hadi,
Que Dieu les garde pour moi.*

A toute ma famille et ma belle famille.

A mes très chères amies : Dallel et Lamia.

A tous mes collègues et mes camarades de post-graduation

Introduction

Appelée, 'la vache du pauvre' durant la période coloniale, la chèvre a connu un déclin durant l'application de la 2^{ème} phase de la révolution agraire où elle a été confinée dans les zones montagneuses, les zones steppiques et de parcours.

Cependant avec les nouvelles orientations de la politique agricole, et plus particulièrement depuis 1997, à l'issue du premier Salon National sur les Caprins tenu à la wilaya de Laghouate, cet élevage connaît un essor qui demeure faible par rapport aux autres secteurs (3 millions de têtes) et localisé à certaines régions spécialisées dans la fabrication du fromage telles que la Kabyle, Tlemcen, Blida....

Pour faire le point sur cet élevage qui été relativement marginalisé et demeure méconnu pour la plupart des vétérinaires et zootechniciens, nous sommes fixés comme objectifs d'actualiser les données concernant les caprins.

Dans une première partie, nous aborderons, la physiologie digestive, l'alimentation et la technicité dans le rationnement au niveau international.

Dans la deuxième partie nous avons voulu rechercher l'effet de l'âge, la saison et l'état physiologique des caprins sur certains paramètres sanguins, pour faire une comparaison entre notre élevage et le reste du pourtour méditerranéen.

Notre étude s'est déroulée dans le sud du pays, région de Touggourt, milieu hostile à tout élevage, et s'est étalé sur deux périodes caractérisant le climat de cette région, l'une humide, l'autre sèche sur un cheptel de caprin, en milieu intensif afin de suivre l'état physiologique des différents caprins vivant dans cette station.

Chapitre I

Généralités sur les caprins

La chèvre à toujours fait partie de la vie quotidienne de l'homme, où elle élevée essentiellement pour son lait, sa viande, et ses poils.

Le bouquetin et le chamois peuvent être considérés comme les ancêtres de la chèvre domestique. Ses ancêtres ont apparu durant la période néolithique (8000 ans avant Jésus Christ J.C.), alors que la chèvre est domestiquée vers le 7000 et 7500 ans avant J.C. (Babo, 2000; Fantazi, 2004).

I.1. Systématique (Taxonomie) :

Selon Holmes-Pegler (1966), Babo (2000) et Fantazi, (2004), la chèvre domestique dont le nom scientifique *Capra hircus* est appartient à :

- L'embranchement des vertèbres du règne animal.
- Classe : Mammifères.
- Sous classe : Placentaires.
- Ordre : Artiodactyles.
- Sous ordre : Ruminants.
- Famille : Bovidae.
- Sous famille : Caprinés.
- Genre : *Capra*.
- Espèce : *Capra hircus*.

I.2. Répartition et évolution des caprins dans le monde :

Le cheptel caprin mondial est évalué par le F.A.O. à environ 768 millions de têtes en 2003, sous réserve des incertitudes évidentes de ce type d'estimation. Poursuivant son évolution et expansion, il aurait encore progressé de près de 2% par rapport à 2002. Depuis 1995, il s'est accru de plus de 100 millions de têtes (Barbin, Charroin, Chotteau, Cotto, Guesdon, Hélaine, Monniot, Perrot, Pothérat et You, 2005).

D'après le tableau n°1, nous observons que la grande concentration des caprins est dans les continents Asiatique (environ 63% de l'effectif mondial) et Africain (environ 30% de l'effectif mondial). Par ailleurs, l'estimation de la production laitière est variable, et dépend essentiellement au système de production pratiqué par les pays. L'Europe produit **2433** millions

de tonnes de lait, avec un effectif de **19** millions de têtes, alors que l'Afrique produit moins malgré son effectif plus grand.

Tableau n° 1 : L'effectif et la production laitière caprine dans le monde (FAO, 2003 cité par Barbin et al., 2005).

	1995		2000		2003	
	Effectif (millions de têtes)	Lait (millions de tonnes)	Effectif (millions de têtes)	Lait (millions de tonnes)	Effectif (millions de têtes)	Lait (millions de tonnes)
Monde	660	11791	722	11597	768	11987
Asie	411	6590	453	6103	489	6404
Afrique	191	2579	214	2709	223	2793
Amérique de sud	23	191	23	191	22	183
Amérique du nord et central	15	156	13	156	14	174
Europe	20	2207	19	2438	19	2433

I.3. Les races caprines dans le monde :

Avec plus de 768 millions de têtes, les caprins représentent le 4^{ème} troupeau l'animaux domestiques dans le monde, et se repartent en nombreuses races ou rameaux selon le continent.

I.3.1. Les races :

I.3.1.1. La chèvre d'Europe: les races les plus répandues en Europe sont : Alpine, Saanen, et Maltaise.

- **La race Alpine:** c'est la race la plus répandue, originaire du massif d'Alpin de France et Suisse. Elle est de taille et de format moyens. Sa tête est triangulaire, plus souvent cornue. Les oreilles sont portées dressées en cornet assez fermé. La robe est à poil ras et de couleur très variée : allant du rouge clair au rouge foncé, avec des pattes noires. Les mamelles sont volumineuses, bien attachées, avec une peau souple et fine. L'Alpine est une forte laitière, qui supporte bien les différents modes d'élevages (Charron, 1986; Benalia, 1996; Babo, 2000; Gilbert, 2002; Fantazi, 2004).
- **La race Saanen:** originaire de la vallée de Saane en Suisse. Sa robe est uniformément blanche, avec des poils courts, denses et soyeux. La tête souvent motte avec des pampilles et barbiche. Ses mamelles sont globuleuses, et larges. Elle est rustique et s'adapte facilement au zone de zéro pâturage. La Saanen est une meilleur productrice du lait dans le monde, et donne surtout d'excellente chevreaux

dont la viande est très appréciée (Holmes-Pegler, 1966; Quittet, 1977; Charron, 1986; Benalia, 1996; Babo, 2000; Gilbert, 2002; Fantazi, 2004).

- **La race Maltaise:** dite aussi la chèvre de Malte. Elle est rencontrée dans les régions des littoraux d'Europe, a un format moyen et une robe généralement blanche à poils longs. Sa tête est longue à profil droit, et souvent sans cornes avec des oreilles tombantes. C'est une bonne productrice du lait. Elle serait à la base de certaines chèvres laitières d'Italie, d'Afrique du Nord et même de Grèce (Holmes-Pegler, 1966; Charlet et Le-Jaowen, 1975; Fantazi, 2004).

I.3.1.2. La chèvre d'Asie : les races les plus développées ont été et sont encore des races lainières; comme la race Angora, et la race Cachemire.

- **La race Angora:** originaire de la province d'Angora (de nos jours Ankara) en Turquie. C'est une race de format réduit, avec une petite tête, et des oreilles pendantes. La laine est blanche, la toison est bouclée ou frisée. Elle est rustique, et à un bon rendement lainier, suite à la production des fibres mohair de très haute qualité. Ses productions de viande et surtout de lait sont réduites (Holmes-Pegler, 1966; Quittet, 1977; Charlet et Le-Jaowen, 1975; Babo, 2000; Gilbert, 2002; Fantazi, 2004).
- **La race Cachemire:** elle ne peut être élevée qu'au Cachemire (entre l'Inde et le Tibet). Elle est rustique, résiste surtout au climat froid. C'est une race de petit format, à production surtout lainière (Holmes-Pegler, 1966; Quittet, 1977; Fantazi, 2004).

I.3.1.3. La chèvre d'Afrique : la population caprine d'Afrique est formée essentiellement par la race **Nubienne**, qui se caractérise par une taille moyenne, une tête étroite, avec des oreilles longues, larges, et pendantes. La robe est à poil court, de couleur roux plus ou moins foncé. En l'Afrique du Nord, on trouve en plus, des sujets de la race **Syrienne**.

I.3.2. Les rameaux :

D'après Charlet et Le-Jaowen,(1975) et Fantazi, (2004), on peut également classer les caprins en trois grands rameaux.

I.3.2.1. Le rameau kurde : ce rameau est formé par des animaux de taille moyenne, à poils longs et de bonne qualité, à cornes spiralées, à oreilles moyennes; l'aptitude à la production de la viande est assez bonne, mais faible pour le lait. Les principaux sujets de ce rameau appartiennent à la race **Angora** et à la population de type **Balkanique**.

I.3.2.2. Le rameau Nubio-Syrien : ces sujets sont caractérisés par une taille assez élevée, des oreilles longues et tombantes, et une robe à poils courts. L'aptitude laitière est en général assez remarquable.

I.3.2.3. Le rameau pyrénéen : la chèvre pyrénéenne est caractérisée par les poils longs, la grande taille, un fort squelette, et des cornes longues. C'est une productrice à la fois de viande et de lait mais leur importance va en diminuant devant le métissage avec les races améliorées. La variété la plus connue est la **Serrana**.

I.4. L'élevage caprin en Algérie :

En Algérie, l'élevage caprin compte parmi les activités agricoles les plus traditionnelles, associé toujours à l'élevage ovin, et localisé essentiellement dans les régions d'accès difficile. Actuellement, il est estimé de **3.256.580** têtes dont **1.706.530** chèvres (Ministère de l'agriculture, 1998 cité par Khaldoun, Bellah, Amrani et Djennadi, 2001).

D'après le tableau n°2, cette population est restée marginale et ne représente que 13% du cheptel national, avec une lente évolution (Fantazi, 2004).

Tableau n°2 : Estimation du cheptel (Ministère de l'agriculture 1998 cité par Khaldoune et al., 2001).

Zone		UGB					
		Bovins		Ovins	Caprins	Camelins	Equidés
		Vaches	Total				
Tell	Littoral	194.230	397.810	1.556.540	328.640	0	68.710
	H.Plateau	294.770	550.240	4.525.440	596.020	0	91.570
	Total	489.000	948.050	6.081.980	924.660	0	160.280
Montagne		106.550	216.730	899.360	437.880	90	41.230
Steppe		76.260	143.190	9.578.440	1.027.120	13.870	38.960
Sud		3.920	8.200	1.329.360	866.920	140.350	37.830
National		675.730	1.316.170	17.889.140	3.256.580	154.310	278.300

I.5. La répartition géographique :

La répartition du cheptel caprin à travers le territoire national dépend de la nature de la région, du mode d'élevage, et de l'importance donnée à la chèvre.

Le tableau n°2, montre que la plus grande partie de l'effectif caprin est dans les zones steppiques et sahariennes (oasis), puis les zones montagneuses. Par contre l'effectif est faible au niveau du littoral.

I.6. La population caprine en Algérie :

Le cheptel caprin Algérien est très hétérogène et composé par des animaux de population locale à sang généralement Nubien. Outre les populations locales, on trouve aussi des populations introduites, et des populations croisées.

I.6.1. La population locale : est représentée essentiellement par la race Arabe, kabyle, et la chèvre du M'zab (Fantazi, 2004; Bey et Laloui, 2005).

- **La race Arabe (Arbia):** c'est la race la plus dominante, se localisée surtout dans les hauts plateaux, les zones steppiques et semi-steppiques. Elle se caractérise par une taille basse de 50-70cm, une tête dépourvue de cornes avec des oreilles longues et pendantes. Sa robe est multicolore (noire, grise, marron) à poils longs de 12-15cm. La chèvre Arabe à une production laitière moyenne de 1,5 litre.
- **La race Kabyle:** c'est une chèvre autochtone qui peuple les massifs montagneux de la Kabylie et des Aurès. Elle est robuste, massive, de petite taille d'où son nom « **Naine de Kabylie** ». La tête est cornue, avec des oreilles longues et tombantes. La robe est à poils longs et de couleurs variées : noir, blanc, ou brun. Sa production laitière est mauvaise, elle élevée généralement pour la production de viande qui y de qualité appréciable.
- **La chèvre du M'zab:** dénommée aussi la chèvre rouge des oasis. Elle se trouve surtout dans le sud, et se caractérise par une taille moyenne de 60–65cm. La robe est à poil court et de trois couleurs : chamois, noir et blanc. Le chamois est le plus dominant, le noir forme une ligne régulière sur l'échine alors que le ventre est tacheté par le blanc et noir. Sa production laitière est bonne (2-3 litre/jours).

I.6.2. La population introduite: plusieurs races performantes tels que: Saanen; Alpine et Maltaise ont été introduites en Algérie pour les essais d'adaptation et d'amélioration des performances zootechniques de la population locale (production laitière et de viande).

I.6.3. La population croisée : c'est le résultat de croisement entre les races standardisées, tel que la race **Mekatia** ou **Beldia** qui se localise surtout dans les hauts plateaux. Elle se caractérise par un corps allongé, une robe polychrome (grise, beige, blanche, brune) à poils ras et fins, et des oreilles tombantes. Sa production laitière est bonne (Bey et Laloui, 2005).

Chapitre II

L'alimentation des caprins

II.1. Le comportement alimentaire de la chèvre :

La chèvre est un animal qui se caractérise par le phénomène de tri, c'est à dire : elle choisit de façon spécifique ce qu'elle ingère (Chunleau, 1995).

Son comportement alimentaire vis à vis du pâturage ou des aliments distribués est variable. En pâturage, les caprins utilisent bien la végétation entre 1-2m de hauteur. Elles consomment les feuilles, les sous arbustes, les arbustes surtout ceux qui sont pauvres en lignines et riches en sodium (Ben Salem, Nefzaoui et Ben Salem, 2000). Suite à ses propriétés, la chèvre est complémentaire des ovins, qui ne mange pas la végétation qui dépasse le mètre de hauteur, et consomme moins la végétation arbustive (Ben Salem et al., 2000; Morand-Fehr, Giger, Sauvant, Broqua et Simiane, 1987). La chèvre utilise les disponibilités du pâturage d'une façon décroissante par rapport au nombre de jour de pâturage sur la même surface (Bordi, De Rosa, Napolitano, Vesce et Randazzo, 1994).

Lors de la distribution de fourrage, la chèvre choisit les parties et les fractions les plus nutritives, et les plus appétentes, donc elle a le pouvoir de refuser partiellement ou totalement même avec des petites quantités de fourrage distribué, ce qui peut se traduire dans certains cas par une diminution des quantités ingérées. Ce comportement est plus marqué pour le foin de légumineuses que pour le foin de graminées (Morand-Fehr et al., 1987).

En raison du tri, la valeur nutritive du fourrage réellement ingéré peut être sensiblement différente de celle qui est distribuée. Elles mangent lentement et acceptent bien plusieurs repas dans la journée (Chunleau, 1995).

II.2. Les besoins et les apports recommandés :

Comme toute être vivant, le caprin utilise l'aliment comme carburant pour couvrir ces besoins, que ce soit d'entretien ou de production.

1. Les besoins d'entretien: correspondent à ceux d'un animal adulte au repos sans aucune production, pour assurer le maintien de fonctionnement de base de son organisme (respiration, digestion, température corporelle...) (Chunleau, 1995; Gilbert, 2002).

Ces besoins peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs :

- Poids vif: une chèvre Saanen de 70 kg de poids vif aura plus de besoin de nourriture qu'une femelle de 50 kg de poids vif (Gilbert, 2002).

- Le climat : la lutte contre le froid consomme plus d'énergie, donc plus d'aliment, surtout après la tonte pour les races linéaires.
- L'activité physique: les besoins de la chèvre en pâturage sont plus élevés (plus 20 à 40%) qu'un animal en auge (Theriez, Morand-Fehr, Tissier et Sauvart, 1978), puisque les déplacements consomment beaucoup d'énergie. Cette consommation est plus forte pour les animaux en parcours (Chunleau, 1995).
- L'état physiologique : la durée de lactation chez la chèvre est relativement longue (environ 8 mois) (Theriez et al., 1978).

Tableau n°3: Apports alimentaires journaliers recommandés pour la chèvre à l'entretien ou début de gestation (Chunleau, 1995).

Poids vif (kg)	Apports Recommandés					
	Energie			Azote	Minéraux	
	U.F.L.			M.A.D.(g)	Ca (g)	P (g)
	Chèvrerie	Prairie	Parcours			
40	0.58	0.70	0.91	34	3	2.0
50	0.69	0.83	1.05	40	3.5	2.5
60	0.75	0.95	1.20	46	4.0	3.0
70	0.89	1.07	1.34	52	4.5	3.5

2. Les besoins de la production: (Besoins de croissance, gestation, lactation, et de la production lainière), c'est la quantité d'aliment nutritif nécessaire à un animal pour produire.

2.1. Les besoins de croissance :

La croissance correspond à une augmentation de volume, de la taille, et de poids des animaux par la formation des nouveaux tissus. Les animaux en croissance ont donc des besoins d'entretien auxquels s'ajoutent les besoins de croissance. Ces besoins dépendent à la vitesse de croissance (gain quotidien pondéral G.Q.P.) et la composition des tissus néoformés (Rivière, 1978).

2.2. Les besoins de la gestation :

La gestation de la chèvre dure 5 mois ($153 \text{ j} \pm 10$), elle est divisée en deux phases :

Début de gestation : correspond au 3 premiers mois de gestation, au cours d'elle le fœtus et ses annexes se développent lentement, et ne nécessite pas des apports recommandés supplémentaires, au contraire, les apports recommandés sont identiques à ceux d'entretien (Tableau n°3) (Gadoud, Joseph, Jussiau, Lisberney, Mangeol, Montméas et Tarrit, 1992).

Fin de gestation : pendant les deux derniers mois de gestation, la croissance du ou des fœtus et de ses annexes est importante, il faut donc ajouter aux besoins d'entretien les besoins de

croissance du ou des fœtus, et ceci demande une majoration des apports recommandés (Tableau n°4) (Gadoud et al., 1992; Jenot, Bossis, Cherbonnier, Fouilland, Guillon, Lauret, Letourneau, Poupin et Reveau, 2001; Gilbert, 2002).

N.B. : Lors de la première gestation, il ne faut pas perdre de vue que l'animal est généralement en croissance contrairement à une femelle multipare donc, aux besoins de gestation s'ajoutent ceux de la croissance (Agouze, 2000).

Tableau n°4: Apports alimentaires journaliers recommandés pour la chèvre pendant les deux derniers mois de gestation (Chunleau, 1995).

Poids vif (kg)	Apports Recommandés					
	Energie			Azote	Minéraux	
	U.F.L.			M.A.D.(g)	Ca (g)	P (g)
	Chèvrerie	Prairie	Parcours			
40	0.75	0.87	1.08	88	9	3.5
50	0.88	1.00	1.21	103	9.5	4.0
60	1.00	1.13	1.34	120	10.0	4.5
70	1.13	1.25	1.46	138	10.5	5.0

2.3. La lactation :

La durée de lactation est d'environ 8 mois (Morand-Fehr et Sauvant, 1988; Gadoud et al., 1992; Mollereau, Porcher, Nicolas et Brion, 1995). Durant la lactation, on distingue en règle générale deux phases. Dans un premier temps, la production de lait augmente rapidement jusqu'à atteindre un maximum quelques semaines après la mise-bas, généralement entre la 3^{ème} et la 8^{ème} semaine de lactation (6^{ème} semaine en moyenne); en suite la production décroît régulièrement (environ 10% par mois), puis plus rapidement jusqu'au tarissement (Zarrouk, Souilem, Drion et Beckers, 2001).

N.B. : Comme la période de lactation est relativement longue par rapport à la période de gestation, la courbe de lactation généralement se termine dans les premiers mois de la gestation suivante.

2.3.1. Les besoins de lactation :

Les besoins de lactation dépendent de la quantité de lait produite ainsi que de sa composition. Ces deux facteurs sont variés en fonction :

- * de l'individu, de l'espèce animale, de la race ainsi que de la sélection,
- * de l'âge, du nombre de mise bas, du stade et la durée de lactation, de l'alimentation et de l'état sanitaire, pour un même animal (Agouze, 2000).

Dans une étude réalisée sur une population de 147000 chèvres (primipares et adultes), Bouloc a observé une durée de la lactation de 236 jours chez les primipares contre 255 jours chez les adultes pour une production laitière respective de 509 kg contre 685 kg chez l'adulte. Le taux butyreux est de 32 g/kg et le taux protéique est de 27g/kg (Zarrouk et al., 2001).

Les besoins de production en début de lactation sont intenses et ne peuvent pas être couverts totalement par la ration, suite à la diminution de la capacité d'ingestion. A ce moment l'animal doit mobiliser ces réserves corporelles pour compenser l'insuffisance en apports énergétiques, et par conséquent perdre son poids (Jenot et al., 2001). On peut observer alors une perte de 2 kg de poids vif par mois en début de lactation (Gadoud et al., 1992).

Entre le 2^{ème} et le 4^{ème} mois de lactation, on observe un certain équilibre entre les besoins alimentaires et les apports recommandés et dans ce cas l'animal garde un poids vif relativement constant. Mais à partir du 4^{ème} mois de lactation, les besoins alimentaires sont facilement couverts, et l'animal peut utiliser l'excès pour reconstituer ces réserves corporelles (Gadoud et al., 1992; Chunleau, 1995; Gilbert, 2002).

Tableau n°5: Apports alimentaires journaliers recommandés pour la chèvre en lactation (Chunleau, 1995).

Poids vif (kg)	Production de lait à 3.5% de T.B. en kg	Apports recommandés					
		Energie			Azote	Minéraux	
		U.F.L.			M.A.D.(g)	Ca (g)	P(g)
		Chèvrerie	Prairie	Parcours			
40	1	0.97	1.12	1.33	90	7.5	4.0
	2	1.36	1.53	1.71	146	11.5	5.5
	3	1.74	1.94	2.12	202	15.0	7.0
	4	2.13	2.34	-	258	18.5	8.0
	5	2.51	2.74	-	314	20.05	9.0
50	1	1.07	1.23	1.46	94	8.0	4.5
	2	1.46	1.62	1.85	150	12.0	6.0
	3	1.84	2.00	2.23	208	15.5	7.5
	4	2.23	2.39	-	264	18.5	8.5
	5	2.73	2.87	-	320	21.0	9.5
60	1	1.17	1.33	1.56	102	8.5	5.0
	2	1.56	1.72	1.95	158	12.5	6.5
	3	1.94	2.10	2.33	214	16.0	8.0
	4	2.33	2.49	-	270	19.0	9.0
	5	2.71	2.87	-	326	21.5	10.0

2.4. La production de la laine :

Pour les animaux qui produisent de la laine comme la race Angora et Cachemire, une partie de leur dépense est destinée à cette production. La croissance de la laine est lente, donc la dépense en énergie mobilisée est faible et peut être négligée si les besoins d'entretien sont

couverts. Mais les besoins en protéines sont élevés, dont la pousse de la laine constitue une dépense azotée importante. C'est surtout le cas des acides aminés soufrés qui interviennent en quantité importante (Rivière, 1978; Agouze, 2000).

II.3. L'alimentation des caprins :

II.3.1. L'alimentation des chèvres laitières en stabulation :

1. L'alimentation pendant la période sèche :

Les chèvres faibles ou moyennes productrices se tarissent naturellement et l'éleveur arrête la traite dès qu'il estime que la production laitière est trop faible. Par contre, chez les chèvres forte productrices, l'éleveur est obligé de provoquer le tarissement en modifiant le régime alimentaire et le rythme de la traite (Morand-Fehr et Sauvant, 1988; Gadoud et al., 1992).

Pendant le tarissement, la connaissance du stade de gestation est une donnée très importante pour organiser la conduite de l'alimentation convenablement. On distingue deux cas.

Premier cas : l'intervalle tarissement mise bas supérieur à 70 jours avec deux périodes. Une période à besoins modérés, du tarissement à 90 jours de gestation où les apports recommandés sont ceux de l'entretien, et une période à besoins élevés, pendant les deux derniers mois de gestation (Jenot et al., 2001).

Second cas : l'intervalle tarissement mise bas est inférieur ou égal à 70 jours. Dans ce cas, il n'existe pas de période sèche à besoin modéré. Dès le tarissement, on met progressivement en place l'alimentation de fin gestation. Cette alimentation est caractérisée par l'augmentation de la concentration énergétique et azotée et pour éviter le risque de la fièvre vitulaire, il est recommandé d'élever le taux du Ca et P (Morand-Fehr et Sauvant, 1988).

2. L'alimentation pendant la période de lactation :

D'après Gadoud et al., (1992), l'alimentation est variée en fonction du stade de lactation.

Au début de lactation : la production laitière est maximale. La totalité des besoins de la chèvre ne peut pas être couverte par la ration. Le déficit énergétique est couvert par la mobilisation des réserves corporelles.

Milieu et fin de lactation : à partir de la fin du deuxième mois de lactation, la production laitière diminue et la ration doit couvrir les besoins de lactation, puis ceux nécessaire à la reconstitution des réserves corporelles. La capacité d'ingestion étant maximale et la concentration énergétique de la ration doivent diminuer progressivement. En fin de lactation, une ration allégée dont le niveau énergétique et azoté se situe à 80% de l'entretien et le tarissement doit être mise en place. L'alimentation minéralo-vitaminique doit être maintenue au niveau de l'entretien et l'abreuvement peut être limité mais jamais supprimé.

II.3.2. L'alimentation des chèvres en pâturage :

Au niveau du pâturage, on observe une augmentation des dépenses énergétiques d'entretien en raison de l'activité musculaire nécessaire aux déplacements. Ainsi, les apports énergétiques recommandés pour l'entretien doivent être majorés de 20% dans le cas de pâturage à faible dénivelé et abondant, et de 50 à 80% pour les parcours accidentés et à couvert végétal très clairsemé demandant beaucoup de déplacements (Charron, 1986; Chunleau, 1995).

II.3.3. L'alimentation des chevreaux de boucherie :

Les chevreaux de boucherie constituent un sous produit de la production laitière; ils sont abattus précocement vers la 4^{ème} ou la 5^{ème} semaines, à un poids vif de 7 à 11kg. Au cours de la période d'engraissement, les chevreaux de boucherie peuvent téter leur mère pendant 2 à 3 semaines, ou recevoir du lait de chèvre traité, mais dans la majorité des cas, ils sont nourris à volonté avec le lait de remplacement fabriqué avec les aliments d'allaitement (Morand-Fehr et Sauvant, 1988; Gadoud et al., 1992).

Tableau n° 6: Apports alimentaires recommandés des chevreaux de boucheries (INRA, 1988).

Type d'animal	Age	Poids vif moyen (kg)	Gain de poids vif (kg)	Apports recommandés			
				U.F.L.	P.D.I. (g)	Ca (g)	P (g)
Chevreaux de boucherie	1^{er} mois	6	200	0.47	75	3.4	1.7
		7	250	0.53	85	4.0	2.0

II.3.4. L'alimentation des chevrettes d'élevage :

Les chevrettes d'élevage destinées à assurer le renouvellement du troupeau. Elles sont mises à la reproduction vers le 8^{ème} mois avec un poids vif supérieur à 30 kg et mettent bas vers un an.

Généralement pour économiser, le chevrier ne fait pas de distinction à l'allaitement entre les chevreaux destinés à l'élevage à ceux destinés à l'engraissement (Morand-Fehr et Sauvant, 1988; Gadoud et al., 1992), donc les animaux doivent absorber le colostrum, puis le lait de la mère pendant quelques jours. A partir du 8^{ème} jour, le lait prélevé peut être remplacé par du lacto-remplaceur, par une petite quantité de lait maternel ou de lait de vache (Rivière, 1978; Charron, 1986).

Le sevrage consiste à supprimer définitivement la distribution de l'alimentation lactée. C'est une période délicate qui correspond à des changements physiologiques profonds où l'animal passe du stade de pré-ruminant au stade de ruminant (Ricard, 2001).

En pratique, le sevrage peut se réaliser sans inconvénient à partir d'un poids vif de 13 à 14kg, soit à environ 2 mois ou 2 mois 1/2, il peut être progressif ou brutal. Dans la mesure où les chevrettes présentent un mauvais état sanitaire, il est préférable de retarder le sevrage et d'attendre que les animaux soient en bonne santé (Simiane, 1983).

Durant la phase d'alimentation solide, les fourrages les plus utilisés pour les chevrettes sont les foin, mais il est également possible, à partir de 4^{ème} mois, d'introduire dans la ration de fourrages verts (Simiane, 1983), mais la mise au pâturage des chevrettes doit se faire le plus tard possible en raison du danger d'infestation par les parasites qui réduiront leur croissance (Gilbert, 2002).

Tableau n°7 : Apports alimentaires recommandés et la capacité d'ingestion des chevrettes d'élevage (INRA, 1988).

Type d'animal	Age	Poids vif moyen (kg)	Gain de poids vif (kg)	Apports recommandés				Capacité d'ingestion (kg de MS)
				U.F.L.	P.D.I. (g)	Ca (g)	P (g)	
Chevrettes d'élevage	1 ^{er} mois	6.5	165	0.42	62	3.4	1.6	0.90 1.04 1.10 1.15 1.19
	2 ^e mois	11.5	165	0.48	65	3.6	1.6	
	3 ^e mois	16.3	155	0.55	64	3.7	1.7	
	4 ^e mois	20.7	140	0.62	62	3.8	1.7	
	5 ^e mois	24.5	115	0.66	59	3.8	1.8	
	6 ^e mois	27.6	90	0.68	55	3.7	1.8	
	7 ^e mois	30.0	70	0.69	50	3.6	1.8	

Ces apports sont établis pour une courbe de croissance permettant d'atteindre 31 à 31.5 kg à 7mois et 32 ou 33 kg à 8 mois.

II.3.5. L'alimentation des boucs :

Hors de la période de reproduction, la ration distribuée aux boucs doit simplement couvrir leurs besoins d'entretien.

Durant la période de lutte, les apports alimentaires doivent être majorés en moyenne de 15 à 20% selon le poids vif de l'animal. Cette suralimentation commence six semaines avant le début de la période de saillie et se prolonge 4 à 5 semaines après sa fin pour permettre et assurer la reconstitution des réserves corporelles (Volland-Nail, 2003).

La ration des boucs est généralement constituée du même fourrage distribue aux chèvres, et pendant la période de reproduction, un apport quotidien de 300 à 600g de concentré permet d'augmenter la valeur nutritive de la ration. Cet apport doit être moduler en fonction de la quantité du fourrage ingéré. En effet, chez certains boucs, l'activité sexuelle s'accompagne d'une réduction de la capacité d'ingestion, où les boucs n'ingèrent que de faibles quantités de fourrages grossiers (Simiane, 1983; Charron, 1986; Morand-Fehr et Sauvant, 1988; Gadoud et al., 1992).

Pour l'abreuvement, de l'eau propre à volonté doit être disponible en permanence. En cas d'insuffisance, l'appétit de l'animal diminue.

En ce qui concerne les minéraux, les besoins en calcium et phosphore sont à peu près couverts par les teneurs des fourrages, et des céréales. Un excès de phosphore peut provoquer des cas de lithiase urinaire (calculs) chez le bouc; en conséquence, la teneur de la ration en phosphore ne doit pas dépasser 2.5g par kg de MS; c'est pour cette raison que la quantité de céréales distribuée ne devrait pas dépasser 500g par jour. En cas de risque, distribuer du chlorure d'ammonium dans l'eau de boisson (Sato et Omori, 1977).

Pour les oligo-éléments (dont le zinc indispensable tout au long de la spermatogenèse), il est recommandé de mettre à la disposition des animaux, des pierres à lécher à teneur garantie en oligo-éléments, spéciales petits ruminants (Morand-Fehr et Sauvant, 1988; Gadoud et al., 1992; Volland-Nail, 2003).

Tableau n°8 : Apports alimentaires recommandés et la capacité d'ingestion des boucs (INRA, 1988).

Poids vif (Kg)	Stade physiologique	Apports recommandés				Capacité d'ingestion (kg de MS)	
		U.F.L.	P.D.I. (g)	Ca (g)	P (g)	MS (kg)	U.E.L.
70	Entretien	0,98	56	4,5	3,5	1,47	2,00
	Lutte	1,13	65	5,2	4,0	-	-
80	Entretien	1.10	62	5,0	4,0	1,60	2.11
	Lutte	1.26	72	5.8	4.6	-	-
90	Entretien	1.21	67	5.5	4.5	1.74	2,22
	Lutte	1.39	77	6.3	5.1	-	-
100	Entretien	1,32	73	6,0	5,0	1,87	2,33
	Lutte	1,52	84	6,9	5,7	-	-

Chapitre III

La physiologie de la digestion

III.1. Rappel anatomique du tube digestif des caprins

L'appareil digestif s'étend de la bouche à l'anus, il comprend le tube digestif (bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestin grêle et gros intestin), et ses annexes. Mais les parties les plus intéressantes dans notre étude du point de vue anatomique et physiologique sont : la cavité buccale, l'estomac et l'intestin.

1. La cavité buccale :

Chez la chèvre, la fente orale est bordée par une lèvre supérieure et une lèvre inférieure qui sont réunis de chaque côté par une commissure formant l'angle de la bouche. La lèvre supérieure est parcourue en son milieu par un sillon étroit et prolongé jusqu'entre les narines. La lèvre inférieure porte à sa partie médiane un relief charnu: le menton qui est garni d'une touffe de poils: la barbiche (Barone, 1984).

Ces lèvres sont minces, mobiles et préhensibles (Sautet, 1995).

- **Les dents** : chez la chèvre, les mâchoires sont composées de 32 dents. Les 8 incisives sont implantées uniquement sur la mâchoire inférieure. Sur la mâchoire supérieure, elles sont remplacées par un bourrelet incisif.

La formule dentaire (Soltner, 1999) :

0	0	3	3
I: —	C: —	P: —	M: —
4	0	3	3

I : incisives; C : canines; P : prémolaires; M : molaires.

2. Les réservoirs gastriques (voir Fig 1) :

Comme chez tous les ruminants, l'estomac de caprin est composé de quatre poches : la panse, le bonnet, le feuillet et la caillette. Cet ensemble est très volumineux, et occupe les 2/3 de la cavité abdominale.

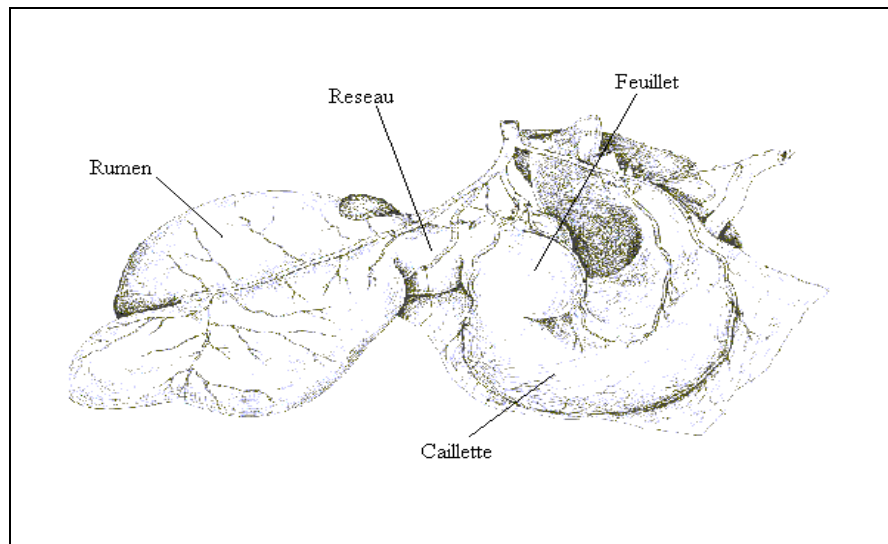


Figure n°1 : Les réservoirs gastriques chez la chèvre (Chatelain, 1987).

2.1. Les pré-estomacs :

Les trois premiers formant les pré-estomacs dont la capacité est de 30 litres (Barone, 1984).

2.1.1. Le rumen (la panse) :

C'est un réservoir très volumineux (90% du volume de l'estomac), qui loge dans la partie gauche de l'abdomen (Thivend, Fonty, Jouany, Durand et Gouet, 1985; Soltner, 1999), bilobé, à deux orifices, le cardia raccordé à l'œsophage; et le col de la panse qui s'ouvre sur le réseau. Sa paroi interne est formée essentiellement par une couche musculaire dont le rôle est le brassage d'aliment, et une tunique de muqueuse aglandulaire caractérisée par la présence des nombreuses papilles qui jouent un rôle majeur dans l'absorption des nutriments.

2.1.2. Le réseau (le bonnet = le réticulum) :

C'est le plus petit réservoir gastrique, à la forme d'un sac aplati, disposé avant le rumen et contre le diaphragme. Sa paroi est garnie par une muqueuse aglandulaire qui porte des alvéoles (aspect en nid d'abeille d'où son nom) (Soltner, 1999).

Le réseau peut être comparé à un carrefour où s'effectue le triage des particules qui entrent dans le rumen et celles qui en sortent, donc, il ne laissant passer vers le feuillet que les particules suffisamment fines.

Ces deux réservoirs sont souvent appelés le réticulo-rumen parce qu'ils partagent la même unité morphologique et physiologique (Sautet, 1995).

2.1.3. Le feuillet (l'omasum) :

C'est un organe d'aspect rond légèrement aplati d'un coté à l'autre (Wattiaux et Howard, 2005), avec une cavité réduite en canal omasique à deux orifices, orifice d'entrée : réticulo-omasal, et un orifice de sortie: omaso-abomasal (Thivend et al., 1985). Sa paroi interne est tapissée par des lamelles de disposition parallèle par rapport au sens de transit d'aliment, dont le rôle est la filtration. Ces lamelles sont un peu plus nombreuses chez la chèvre que celles du mouton (Sautet, 1995; Meziane, 2001).

Le feuillet est un organe de transition entre le rumen et la caillette qui ont des modes de digestion très différents. En plus, il a une grande capacité d'absorption de l'eau, des AGV, et de certains minéraux, tels que le sodium et le phosphore (Wattiaux et Howard, 2005).

2.2. La caillette (abomasum) :

C'est l'estomac proprement dit des ruminants, il est similaire à celui des monogastriques (fundus). Cet organe à la forme de poire mais il est moins allongé que celui du mouton. Sa paroi interne est tapissée par une muqueuse glandulaire qui secrète un acide fort et de nombreuses enzymes digestives. Sa muqueuse est divisée en deux zones :

- Une zone fundique qui se caractérise par la présence des voiles abomasiques encadrant l'orifice omaso-abomasal. Ces voiles inhibent le reflux de digesta vers le feuillet.
- La zone pylorique; qui se termine par le sphincter de pylore (Sautet, 1995; Soltner, 1999; Meziane, 2001).

N.B.: Le feuillet et la caillette chez la chèvre occupent la région épigastrique crâniale droite (Barone, 1984).

2.3. L'intestin :

Chez la chèvre la longueur relative des intestins par rapport à la longueur du corps est 11m (Jacobshagen, 1925, cité par Barone, 1984). Il comprend :

L'intestin grêle qui se subdivise en trois segments successifs: le duodénum, le jéjunum et l'iléon. Il constitue la portion la plus longue et la plus étroite du tractus digestif. C'est le principal organe de la digestion enzymatique et de l'absorption.

Le gros intestin divisé anatomiquement en trois zones: le cæcum, le colon et le rectum. C'est le deuxième lieu de fermentation microbienne après le réticulo-rumen.

III.2. Rappel sur la physiologie digestive :

La digestion met en jeu des phénomènes mécaniques, microbiens et chimiques.

III.2.1. Les phénomènes mécaniques : sont résumés en trois étapes majeurs

1. Le broyage : par l'intervention de deux types de mastication :

- **La mastication ingestive:** effectuée par des mouvements rapides des mâchoires (125 à 150 mouvements par minute chez le caprin) (Soltner, 1999), sert à la fragmentation des aliments, mais elle est incomplète. Les aliments peu divisés s'entassent ensuite dans le rumen.
- **La rumination :** c'est l'acte par lequel les aliments stockés dans le rumen et le réseau subissent une seconde mastication (la mastication mérycique) et une nouvelle insalivation (Eugène, 2002). Elle est indispensable pour le bon déroulement des phénomènes biochimiques.

Le temps de mastication et de rumination dépend :

- **de la longueur d'aliment :** par exemple la chèvre laitière passe environ 188-219 minute/jour dans la mastication et 294-364 minute/jour dans la rumination lorsque les fragments de foin sont plus courts, par contre, elle passe environ 207-245 minute/jour dans la mastication et 380-459 minute/jour dans la rumination lorsque les fragments sont plus longs (Franz et al., 2004 cités par Lu, Kawas et Mahgoub, 2005).
- **du rapport fourrage/concentré dans le régime:** chez la chèvre Saanen, l'utilisation d'un régime contenant un rapport fourrage/concentré 75:25 au lieu de 45:55; entraîne une prolongation du temps de mastication (de 188 à 207 minute/jour) et de rumination (de 299 à 363 minute/jour) (Kawas, Lopes, Danelon et Lu, 1991; Kawas, Schacht, Shelton, Olivares et Lu, 1999; Lu et al., 2005).

Par rapport au mouton, la chèvre a une fréquence de mastication ingestive plus élevée (154 coups contre 128 coups de mâchoire par minute pour un foin de luzerne ingéré à volonté), mais un temps d'ingestion plus lent. Cette ingestion a l'avantage de réduire en plus la taille des particules alimentaires (moins de 0.1mm), et par conséquent de diminuer le temps de rumination chez la chèvre (Kennedy, Mcsweeney et Welch, 1992; Rémond, Brugère, Poncet et Baumont, 1995).

D'après Kennedy et al. (1992); Lindberg et Gonda, (1997), le rumen de la chèvre ne contient qu'un faible pourcentage en particules alimentaires grosses (la taille supérieure de 1.18mm).

2. L'insalivation : par la sécrétion de la salive. En plus de son rôle lubrifiant des aliments, la salive permet un renouvellement suffisant (supérieure de 8% par heure) de la phase liquide du rumen et un recyclage de l'urée sanguine (Sauvant, Dulphy et Michalet-Doreau, 1990; Vigouroux, 1999; Lu et al., 2005). Elle sert aussi à tamponner le pH ruminal.

3. Le brassage : le brassage régulier abouti à la ramollissement et l'homogénéisation de contenu du rumen.

III.2.2. Les phénomènes microbiens :

Les phénomènes microbiens se déroulent principalement dans le réticulo-rumen, et ultérieurement mais à faible intensité au niveau du gros intestin grâce à la présence d'une population microbienne hétérogène.

1. L'écosystème microbien :

Cet écosystème est constitué essentiellement de 3 populations: la microflore, la microfaune, et les champignons.

1.1. La microflore :

Ce sont des bactéries anaérobies strictes non sporulées (Stewart, 1991), de taille inférieure à un micron (Soltner, 1999). Elles représentent environ plus de 50% de la biomasse microbienne, avec une densité de 8.10^9 à 4.10^{10} cellules par ml de jus de rumen. Actuellement, plus de 200 espèces bactériennes ont déjà été isolées du rumen, mais seulement une trentaine peuvent être considérée comme une population permanente du rumen. Ces bactéries sont classées selon le type du substrat qu'elles hydrolysent et/ou fermentent en bactéries cellulolytiques, amylolytiques, protéolytique.....(Thivend et al., 1985; Fonty, Jouany, Forano et Gouet, 1995; Popiel, 1999; Eugène, 2002; Jean-Blain, 2002; Cuvelier, Cabaraux, Dufrasne, Istasse et Hornick, 2005a).

Certaines entre elles sont spécialisées tel que les Veillonella qui n'utilisent que le lactate (Thivend et al., 1985; Fonty et al., 1995; Jean-Blain, 2002).

1.2. La microfaune :

Elle est composée par des ciliés et des flagellés flottant ou liés aux fragments alimentaires.

Les ciliés : sont moins nombreux que les bactéries, dont le nombre total est de 10^5 à 10^6 cellules par ml, avec une taille de 20 à 200µm (Soltner, 1999; Meziane, 2001), où de 10^5 à 10^8 cellules par ml avec une taille de 50-300µm (Bohatier, 1991; Jean-Blain, 2002). Ces ciliés se nourrissent en phagocytant des bactéries et en ingérant des particules alimentaires (Popiel, 1999; Sauvant, 2003; Cuvelier et al., 2005a).

Ils comprennent 2 groupes :

- **Les holotriches** : fermentent les sucres solubles, les fructosanes ainsi que les grains d'amidon de petite taille et ils stockent l'excédent sous forme d'amylopectine (Cuvelier et al., 2005a).
- **Les entodiniomorphes** : ils participent également dans la dégradation de la cellulose, l'hémicellulose, et les substances pectiques (Thivend et al., 1985; Meziane, 2001).

Les ciliées ont aussi une activité protéolytique.

D'après l'étude de Rouissi et Guesmi (2004), le rumen des caprins est pourvu des ciliés entodiniomorphes de type B (Epidinium et Eudiplodinium) qui sont spécialisés dans la dégradation des parois.

Tableau n°9 : Populations de protozoaires dans le principal compartiment des pré-estomacs de camélidés et de ruminants (Jouany, 2000).

	Dromadaire					Mouton					Chèvre		
	Essai				Moyenne	Essai				Moyenne	Essai		Moyenne
	1	2	3	4		1	2	3	4		3	4	
Effectifs totaux (10 ⁵ ml/l)	3.3	3.1	2.7	3.3	3.1±0.2 a	4.4	6.2	4.1	5.0	4.9±0.9b	4.6	5.3	4.9±0.5
Entodinium ^m (%)	93.8	82.6	61.9	72.9	77.8±13.6a	95.7	86.8	81.8	84.5	87.2±6.0b	63.6	76.9	70.2±9.4
Epidinium ^c (%)	4.4	15.0	22.0	17.1	14.6±7.4a	0	0	0	0	0b	12.1	7.9	10.0±2.4
Eudiplodinium ^c (%)	1.8	2.4	10.1	10.0	6.1±4.5a	0	0	0	0	0b	2.9	1.6	2.2±0.9
Isotricha ^s (%)	0	0	0	0	0a	4.3	8.4	11.6	9.4	8.4±3.0b	13.8	9.3	11.5±3.1
Polyplaston ^c (%)	0	0	0	0	0a	0	1.6	16	2.1	1.3±0.9b	0	0	0
Optuyosodex ^c (%)	0	0	0	0	0a	0	3.2	5.0	4.0	3.0±2.1b	7.6	4.2	5.9±2.4

a,b Les différences entre dromadaires et moutons sont significativement différentes au seuil p<0.05. Les résultats obtenus sur chèvres n'ont pas été inclus dans l'analyse statistique (deux données).

c Ces ciliés utilisent efficacement la cellulose et les hémicelluloses.

s Ce genre utilise les substrats solubles.

m Ce genre a une activité cellulolytique réduite et se développe en présence d'amidon et d'oligosaccharides.

Les flagellés : ils ont un nombre réduit, et ne représentent que 10³ à 10⁴ par ml de jus de rumen, avec une taille de 4 à 15µm (Thivend et al., 1985; Bohatier, 1991; Jean-Blain, 2002). Selon Jean-Blain (2002), les flagellés sont aptes à dégrader de nombreuses substances glucidiques, cellulosiques et hémicellulosiques grâce à leurs propres enzymes.

1.3. Les champignons :

Les champignons présents dans le rumen n'ont été découverts que tardivement par Orpin 1975 et Beauchop en 1979. Ce sont des anaérobies stricts colonisent surtout les tissus lignocellulosiques des fragments végétaux du rumen.

Cette population est estimée à 10^3 et 10^5 /ml, soit environ 10% de la biomasse microbienne (Fonty et Joblin, 1991 cités par Eugène, 2002), mais cette estimation n'est pas très précise (Fonty, 1991; Fonty et al., 1995; Jean-Blain, 2002) car les méthodes de dénombrement sont difficiles à réaliser.

Ces champignons sont capables de digérer les particules des végétaux très lignifiés (dégradation de la cellulose, l'hémicellulose et les oligosaccharides), mais ils sont incapables de dégrader les pectines et l'acide polygalacturonique (Cuvelier et al., 2005a).

On trouve également dans le rumen des virus, des mycoplasmes et différents types des bactériophages. Les bactériophages jouent un rôle essentiel dans le maintien de système tampon du rumen.

III.2.3. Les phénomènes chimiques :

Les principaux phénomènes chimiques sont dus à des sécrétions digestives. Ces sécrétions contiennent d'une part des enzymes intestinales (pepsine, amylase pancréatique, lipase, trypsine, protéase, nucléase,...), d'autre part des substances non enzymatiques: acide chlorhydrique de la caillette, la bile et le mucus produit en différents segments du tube digestif (caillette, intestin).

N.B.: L'intérêt de ces phénomènes (mécaniques, microbiens et chimiques) est la dégradation et la transformation des aliments aux nutriments simples facilement utilisable par l'hôte et les microorganismes.

III.3. La digestion et l'absorption des nutriments :

III.3.1. Les glucides :

Dans le milieu ruminal, tous les glucides sont hydrolysés par les enzymes microbiens (cellulase, hémicellulase, des pectinases, des amylases....) (Eugène, 2002; Cuvelier et al., 2005a) en oses simples, puis fermentés en acides gras volatils, avec la formation des gaz, et d'énergie.

(Devendra et Bruns ,1980; Gihad et al., 1980; Alrahmoun et al., 1986; Domingue et al., 1991b), tous cités par Lindberg et Gonda (1997), Rouissi et Guesmi (2004) montrent que la chèvre est complémentaire du mouton, car elle est apte de dégrader et d'utiliser les régimes pauvres.

L'amidon échappé de la digestion microbienne, subit une dégradation chimique au niveau de l'intestin grêle, qui le transforme en maltose puis en glucose. Le glucose produit est absorbé à travers la paroi intestinale (Wattiaux et Armentano, 2005).

Les fractions pariétaux non digères dans le milieu ruminal sont fermentés en AGV et absorbés au niveau du gros intestin (cæcum, colon), et les fractions indigestibles sont éliminés ensuite par les fèces.

N.B. : La production et l'absorption des AGV à ce niveau sont nettement inférieures à celle du rumen (Siciliano-Jones et Murphy, 1989).

III.3.2. Les matières azotées :

Les matières azotées alimentaires dans le rumen sont d'abord hydrolysées en peptides, puis acides aminés, ensuite sont désaminés en ammoniac, qui est le produit terminal de la protéolyse microbienne (Jouany, Broudiscou, Prins et Komisarczuk-Bony, 1995; Sauvant, 2003; Nsahlaï, Goetsch, Luo, Johnson, Moore, Sahl, Ferrell, Galyean et Owens, 2004). La résistance à la dégradation ruminale varie fortement en fonction de la nature de l'aliment. En général, les protéines des fourrages sont plus dégradées (60 à 80%) que celles des concentrés (20 à 60%) (Wattiaux, 2004).

L'ammoniac formé est soit utilisé par la population microbienne, ou, passe vers le foie où il est converti en urée (Sauvant, 2003; Witt et al., 1999 cités par Nsahlaï et al., 2004). Selon Komisarczuk (1985) cité par Meziane (2001), l'absorption de l'ammoniac est conditionnée par sa concentration dans le rumen (50 à 80 mg/ 100 ml de jus de rumen), et par le pH du rumen (pH élevé, absorption rapide).

Au niveau intestinal, en moyenne, 60% des acides aminés absorbés dans l'intestin grêle proviennent des bactéries ruminales, et les 40% qui restent sont les protéines alimentaires qui ont échappé à la dégradation ruminale. En général, plus de 80% des protéines qui arrivent dans l'intestin sont digérées; le reste passe dans les matières fécales (Nsahlaï et al., 2004; Wattiaux, 2004).

Les pertes azotées : chez la chèvre en lactation une portion de l'azote ingéré est perdue par l'urine (43 %), les fèces (29 %), et une partie excrétée dans le lait (24 %). Ces pertes sont liées à la nature de la ration (riche ou pauvre en matières azotées), la consommation d'hydrate de carbone, et le contenu de régime en lignine. En plus, ces pertes sont sous l'influence de l'équilibre du milieu ruminal (dégradation des matières azotées et l'énergie fermentescible) (Giger-Reverdin et al., 1991a cités par Lindberg et Gonda, 1997).

III.3.3. Les lipides :

Dans le rumen, la majorité des lipides alimentaires ne sont pas digérés, mais ils sont hydrolysés complètement et quasi totalement par des lipases extracellulaires sécrétés par des souches bactériennes lipolytiques (comme *Anaerovibrio lipolytica*) (Fonty et al., 1995).

Cette hydrolyse permet la libération de glycérol et des acides gras. Le glycérol fermenté rapidement en AGV principalement le propionate et le butyrate (Sauvant et Bas, 2001; Tamminga et Doreau, 1991; Cuvelier, Cabaraux, Dufrasne, Istasse et Hornick, 2005b). Pour les acides gras, une partie est utilisée par les bactéries pour la synthèse des phospholipides de la membrane bactérienne. En plus, les bactéries hydrogénisent les acides gras pour former des acides gras saturés (Toullec et Lallès, 1995; Meziane, 2001; Jean-Blain, 2002; Wattiaux et Grummer., 2003). L'autre partie des acides gras semble être catabolisée et/ou absorbée à travers la paroi ruminale.

Au niveau intestinal, les phospholipides microbiens avec d'autres acides gras sont digérés (l'action de la bile et des sécrétions pancréatiques) puis solubilisés dans la phase micellaire pour être absorbés (Bauchart, 1993; Bauchart, Durand, Gruffat-Mouty, Piot, Graulet, Chilliard et Hocquette, 1999; Jean-Blain, 2002) à travers la paroi intestinale.

Chapitre VI

Métabolisme des nutriments

Après l'absorption, les nutriments sont véhiculés par le sang vers le foie puis les cellules où ils vont métaboliser. Cet métabolisme revêt deux aspects, un catabolique qui sert la fourniture de l'énergie à partir des substances énergétique (glucose, AGV, AG, AA) et l'autre anabolique dont l'intérêt est la synthèse des nouvelles matières.

VI.1. Le métabolisme du glucose :

Chez les ruminants le glucose sanguin à deux origines:

- Exogène par l'absorption intestinale du glucose à partir de l'amidon et aussi de glucosanes microbiennes. Il représente environ 15 % du glucose total.
- Endogène provient essentiellement de la néoglucogenèse à partir des substances glucoformatrices au niveau du foie, et à moindre degré au niveau rénal. La néoglucogenèse fournit environ 85% du glucose total (Payne, 1983; Meziane, 2001), donc est un phénomène capital chez le ruminant (Thivend et al., 1985; Landau, Morand-Fehr, Bas, Schmidely et Giger-Reverdin, 1997).

Les substances glucoformatrices sont :

- Le propionate (55%): est le principal précurseur du glucose, dont environ 90% est capté par le foie et transformé en glucose via le succinyl CoA. Cette réaction nécessite également de la vitamine B₁₂, synthétisée par les micro-organismes du rumen à partir du cobalt de la ration par l'intermédiaire de methyl-malonyl CoA (Al-habsi, Eugène, Kadim, Srikandakumar, Annamalai, Al-Busaidy et Mahgoub, 2005).
- Glycérol : libéré par la lipolyse.
- Lactate : recyclage du lactate.
- Acides aminés glucoformateurs circulants (25%) (Alanine, glutamine, acide glutamique, acide aspartique, proline, sérine) après son désamination en glucose (Marx, 2002).

Donc, le métabolisme de glucose est étroitement associé au métabolisme d'acides aminés et des lipides (Huntington, 1997).

VI.2. Le métabolisme des substances azotées :

Les protéines plasmatiques forment non seulement par des protéines simples, mais aussi par les formes conjuguées telles que les glycoprotéines et les différents types de lipoprotéines.

L'utilisation de différentes concentrations de sulfates de sodium ou d'ammonium permet habituellement de séparer les protéines de plasma en trois groupes principaux : fibrinogène, albumine et globuline. La proportion des diverses fractions des protides sériques varie selon l'espèce animale.

-Urée : c'est le produit terminal de la dégradation microbienne des matières azotées. Elle est synthétisée au niveau du foie à partir de l'ammoniac.

Chez les monogastriques, l'urée est entièrement excrétée par les urines, par contre chez les ruminants elle est soit excrétée dans les urines et donc perdue, ou, recyclée dans le rumen via la salive, et à moindre degré via la paroi du rumen où elle est convertie à nouveau en ammoniac et peut servir pour la croissance bactérienne. Lorsque la ration est pauvre en protéines, beaucoup d'urée est recyclée dans le rumen, et peu d'azote est perdu. Cependant, lorsque le contenu protéique de la ration augmenté, moins d'urée est recyclée et la perte d'azote urinaire est plus importante (Meziane, 2001; Jean-Blain, 2002; Wattiaux, 2004).

VI.3. Le métabolisme des lipides :

Les acides gras issus de la dégradation des lipides au niveau de l'intestin grêle, après leurs solubilisation dans la phase micellaire, ils ont absorbés à travers la paroi intestinale.

Dans le sang, les lipides sont majoritairement transportés via les chylomicrons (des complexes macromoléculaires constitués de triglycérides, de phospholipides, de cholestérol libre ou estérifié et de protéines). Donc les chylomicrons sont la forme alternative de transport des lipides à partir de l'intestin grêle par l'intermédiaire des vaisseaux lymphatiques vers la circulation sanguine générale où ils sont utilisés par les tissus cibles sans être d'abord métabolisés par le foie (Bauchart, 1993; Meziane, 2001; Jean-Blain, 2002; Wattiaux et Grummer, 2003; Cuvelier et al., 2005b; Wattiaux et Howard, 2005).

VI.4. Le métabolisme minéral :

Comme tous les mammifères, les caprins doivent trouver dans leur régime alimentaire des quantités suffisantes de tous les minéraux indispensables. Compte tenu des risques d'insuffisance des rations classiques à base de fourrages des ruminants, l'attention des nutritionnistes est surtout attirée sur les éléments minéraux suivants : P, Ca, Na, Mg, S (pour la laine), Zn, Cu, Co, I et Se (Gueguen et Barlet, 1978).

Actuellement, la généralisation progressive de l'utilisation des complémentations minérales à pour effet de réduire l'intensité de ces désordres métaboliques en raison notamment des

exigences de productivité et de rentabilité.

Tableau n°10: Composition minérale moyenne du lait de chèvre (Gueguen et Barlet, 1978).

Eléments majeurs	g/l
Calcium	1,26
Phosphore	0,97
Potassium	1,90
Sodium	0,38
Magnésium	0,11
Chlore	1,10
Oligo-éléments	mg/l
Zinc	3,80
Fer	0,46
Cuivre	0,22
Manganèse	0,06
Iode	0,07
Sélénium	0,02

Tableau n°11: Seuil de carence et de toxicité et apports recommandés pour les oligo-éléments chez les chèvres et les brebis en mg/kg de MS (Gueguen et Barlet, 1978).

Eléments	Seuil de carence	Seuil de toxicité	Apports recommandés
			Ration classique
Zinc	45	500	50
Manganèse	45	1000	50
Cuivre	7	15 (ovins)	10
Cobalt	0.07	100	0.2
Iode	0.15	8	0.2 – 0.8 (*)
Sélénium	0.10	0.5	0.1

(*) : besoin supérieur durant la lactation.

VI.4.1. Etude des macro-éléments :

VI.4.1.1. Le calcium (Ca) et phosphore (P) :

Ce sont les minéraux les plus abondants dans l'organisme animal. Ils représentent environ 2% de la composition totale, et sont principalement concentrés dans le tissu osseux.

a) Le calcium :

99% du Ca total se trouve dans le squelette sous forme de hydroxy-apatite, et le reste (1%) se trouve au niveau plasmatique liés aux protéines non mobilisable (globulines, albumines), ou libre sous forme ionisée. Les tissus mous comme les tissus adipeux sont pauvre en Ca, et la partie majeure de ce élément est extracellulaire (Paragon, 1984). La portion intracellulaire est concentrée essentiellement dans le réticulum endoplasmique (Jean-Blain, 2002).

De plus de son rôle plastique au niveau du squelette et du tissu dentaire, le Ca intervient dans la transmission de l'influx nerveux, la contraction musculaire, et dans la coagulation sanguine comme un cofacteur de la thrombokine (Payne, 1983; Brisson, 2003), et dans l'activation de certaines réactions enzymatiques (glycolyse).

Selon Kolb (1970), le Ca est un facteur important de la perméabilité cellulaire et il présente une action stabilisatrice sur les membranes (Marx, 2002).

1. Les apports recommandés : en 1987, Guéguen et al., ont proposé une valeur de 20 mg par kg de poids vif du Ca. Cette valeur a été confirmée ensuite par d'autres auteurs et peut être adoptée pour le calcul des besoins alimentaires en Ca chez les caprins (Meschy, 2002).

2. L'absorption : le Ca est absorbé au niveau de rumen-réseau, mais principalement au niveau de l'intestin grêle, par une voie transcellulaire saturable, et une voie paracellulaire insaturable (Harold Copp, 2004).

* La voie transcellulaire s'observe seulement au niveau duodénal, elle s'effectue par un transport actif facilité par des transporteurs spécifiques localisés dans les bordures en brosse des entérocytes (Binding Protein de Wasserman ou Ca.B.P.) (Guéguen et Pointillart, 2000).

* La voie paracellulaire : est une diffusion passive existant tout au long de l'intestin grêle surtout au niveau jéjunal.

Chez la chèvre, un apport excessif de Ca diminue fortement son absorption digestive, due à la diminution de CAR (Coefficient d'absorption réelle) de 43 à 20% (Maraval et al., 1984; Hove, 1984) cités par (Meschy, 2002). Pour ces raisons, Meschy en 2002 propose une valeur moyenne de CAR de 30% n'est utilisable que pour un apport de Ca non excessif. En plus un excès en Ca peut interférer avec l'absorption de certains minéraux comme le Zn (NRC, 2001 cité par Brisson, 2003) et le Mg.

3. L'excrétion : elle est essentiellement digestive. D'après Meschy (2002), nous constatons que la perte endogène fécale du calcium, contrairement à celle du P, n'augmente pas avec la quantité de calcium ingérée.

La sécrétion du Ca par le lait chez la chèvre est estimée en moyenne de 1.26 g/l. Cette valeur est influencée couramment par le stade de lactation et le tableau au-dessous montre clairement cet effet.

Tableau n°12: Effet du stade de lactation sur la teneur en Ca du lait de chèvre (Schmidely et al., 2002; cités par Meschy, 2002).

Stade de lactation	Calcium (g/l)
Début (semaine 6)	1,40 ± 0,04
Milieu (semaine 11)	1,26 ± 0,04
Fin (semaine 16)	1,15 ± 0,04

b) Le phosphore :

Dans l'organisme animal, 80% de P se trouve au niveau de l'os, et contrairement au Ca, les tissus mous sont plus riches en P notamment le foie, le cerveau, et les muscles (Jean-Blain, 2002). Cet élément joue un rôle majeur dans le transfert d'énergie, donc l'utilisation des glucides et des lipides (Soltner, 1999). Il intervient aussi comme un tampon dans l'équilibre acido-basique et dans la constitution des nucléoprotéines, d'où son rôle dans la croissance tissulaire (Payne, 1983), des nucléotides, et des lipides membranaires. Chez les ruminants, le phosphore présent dans le rumen doit être sous forme soluble (orthophosphates) pour pouvoir être utilisé par les microorganismes surtout les bactéries cellulolytiques. Une carence en P des bactéries du rumen se traduit principalement par une diminution de leur activité cellulolytique (Bravo et Meschy, 2003; Bravo, Sauvant, Bogaert et Meschy, 2003a; Meschy et Ramirez-Perez, 2005).

1. L'absorption : le phosphore est principalement absorbé au niveau de l'intestin grêle. Les mécanismes de transport intestinal du P sont évidemment plus complexes chez les ruminants, que chez les monogastriques. Dans le duodénum et le jéjunum du mouton et de la chèvre, l'absorption du P se fait par un transport actif (l'intervention d'un système co-transport Na^+ -indépendant par une interaction de deux ou plus des ions de Na avec un ion de P inorganique à pH 7.4) (Huber, Walter, Schröder et Breves, 2002; Bravo et al., 2003a). Comme, il existe d'autre type de transport du P; c'est le transport passif par le système H^+ -P suite à l'existence d'un gradient électrochimique (Schroder, Kappner, Failing, Pfeffer et Breves, 1995; Huber et al., 2002). D'après Meschy (2002), le phosphore chez la chèvre, est mieux absorbé que chez les bovins et les ovins, avec une valeur moyenne de CAR de 70.7%.

2. La sécrétion : le phosphore est sécrété par la salive sous forme d'ion phosphate (Bravo et Meschy, 2003). Tomas (1974) cité par Meschy et Ramirez-Perez (2005), indique que le P salivaire recyclé représente la part la plus importante du P disponible dans le rumen (jusqu'à 70 % du P entrant dans le rumen). La concentration en P de la salive peut être 4 à 5 fois plus grande que celle du plasma sanguin (Brisson, 2003).

Le recyclage de ce P dépend de la concentration en P dans la salive, et du flux salivaire, influencé par la quantité de MS ingérée et la fibrosité de la ration (Sauvant et al., 1999 cités par Bravo et Meschy, 2003; Bravo, Sauvant, Bogaert et Meschy, 2003b).

La production salivaire au cours de la rumination est nettement plus importante que pendant l'ingestion, ce qui souligne l'importance de bonnes conditions de fonctionnement du

rumen pour l'optimisation du recyclage salivaire du P. Une situation d'acidose entraînant une réduction de la rumination et de la production salivaire, se traduit par une baisse du recyclage des substances tampon (fragilisation de l'écosystème ruminal) et du phosphore (moindre valorisation de la fraction fibreuse de la ration) (Brisson, 2003; Meschy et Ramirez-Perez, 2005).

3. L'excrétion : le ruminant élimine essentiellement le phosphore par voie fécale, son excrétion par l'urine est souvent négligeable. Cependant, cette élimination peut devenir importante lorsque la quantité d'aliments concentrés distribuée est élevée (Scott, 1972 cité par Bravo et Meschy, 2003). La perte fécale du phosphore est composée de phosphore non absorbé, à la fois d'origine alimentaire et endogène (Bravo et Meschy, 2003; Bravo et al., 2003b). Cette perte augmente quasi-linéairement avec la quantité de P ingérée chez le ruminant (Grace, 1981; Braithwaite, 1985; Scott et al., 1985 et 1995, Ternouth, 1989) cités par Meschy, (2002).

Selon Pfeffer et Rodehutsord (1998), cités par Meschy et Ramirez-Perez (2005), la sécrétion du P par le lait chez les caprins d'après le système français est de 0,95 g/l. Le taux de sécrétion est varié aussi en fonction du stade de lactation.

c) Régulation du métabolisme phosphocalcique :

La régulation endocrinienne du métabolisme phosphocalcique est assurée par le 1.25 dihydroxycholécalférol, la parathormone, et la calcitonine (Gueguen et Barlet, 1978; Kolb, 1970; Meziane, 2001; Guéguen, et Pointillart, 2000; Jean-Blain, 2002).

1. La parathormone (PTH) : c'est un polypeptides sécrété par la parathyroïde. La parathormone a un effet hypercalcémiant et hypophosphatémiant suite à ses actions au niveau de l'os, le tube digestif, et les reins.

Au niveau osseux, elle stimule la libération du Ca et des phosphates osseux. Au niveau du tube digestif, elle augmente l'absorption de ces minéraux par l'intermédiaire de la vitamine D₃ après son activation et transformation en 1.25-D₃. Au niveau rénal, la PTH intensifie l'excrétion urinaire des phosphates, et favorise aussi la réabsorption tubulaire du Ca. Cette hormone est stimulée par toute baisse de calcémie, par contre les variations de la phosphatémie n'ont aucun effet direct sur son sécrétion.

2. La calcitonine : elle sécrétée par les cellules parafolliculaires C de la thyroïde. C'est une hormone hypocalcémiante et hypophosphatémiante. Ses effets résultes d'une part de la diminution de la mobilisation osseuse du Ca et P, et d'autre part de l'augmentation de leur excrétion urinaire. La sécrétion de la calcitonine est stimulée par l'élévation de la calcémie.

3. La vitamine D et ses métabolites : la vitamine D subit des hydroxylations au niveau hépatique et rénal aboutit finalement à la formation de 1.25 dihydroxycholécalférol ou 1.25-

OH D₃. Ce métabolite est biologiquement actif au niveau de l'os et de l'intestin. Si le taux de la calcémie est faible, le 1.25-OH D₃ favorise l'absorption intestinale du P et Ca et même la mobilisation de ces minéraux de l'os, comme il favorise aussi la réabsorption tubulaire du Ca.

NB : Selon Yane et al., (1991) cités par Meziane,(2001), une phosphatémie faible n'entraîne pas chez les ruminants une augmentation de 1.25- OH D₃ plasmatique.

VI.4.1.2. Le magnésium (Mg) :

L'organisme animal renferme 0.05% du Mg dont environ 50 à 70% (Paragon 1984) ou 60 à 70% sont localisés dans l'os (Rivière, 1978), le reste est reparti dans les tissus mous notamment les muscles, et le foie.

Le Mg de l'organisme est entièrement intracellulaire, où il occupe la deuxième place après le K dans le liquide intracellulaire (Meziane, 2001; Lopez-Aliaga, Alferez, Barrionuevo, Nestares, Sanz Sampelayo et Campos, 2003), et seulement 1% du Mg total se trouve dans le compartiment extracellulaire.

1. Rôle du magnésium :

Le Mg intervient dans l'ossification par la fixation sur la trame minérale au niveau des cristaux d'hydroxy-apatite de l'os et dans le métabolisme osseux car une carence en Mg diminue la sensibilité des cellules ostéolytiques à la PTH et 1-25 OH D₃ (Meziane, 2001; Jean-Blain ; Marx, 2002). Il participe aussi avec le Na, K, P dans l'excitabilité neuromusculaire, comme il est entre dans la constitution des nombreux métalloenzymes, des ATPases et des kinases des différentes voies métaboliques (glucidiques, lipidiques, et protéiques), et il joue également avec le Ca le rôle d'un stabilisateur membranaire (Fonteno, Allen, Bunce et Goff, 1989; Jean-Blain, 2002; Lopez-Aliaga et al., 2003; Odette, 2005). D'après Meziane (2001) et Marx (2002), le Mg a un rôle important dans la croissance, puisque sa diminution arrête la croissance des jeunes.

2. Les apports recommandés :

Pour le calcul des recommandations d'apport alimentaire en Mg, nous utiliserons la valeur de CAR de 20% proposée par Kessler en 1991 (Meschy, 2002).

Tableau n°13 : Apports recommandés en Mg chez la chèvre en lactation (poids vif : 60kg, production de lait 4 litre/jours et ingestion 2.5 kg de MS/j).

	Mg
Entretien	0.20
Lactation	0.44
Total	0.64
CAR %	20
Apport recommande	3.20 (2.70)

Valeur entre parenthèse recommandations INRA 1988 (Meschy, 2002).

3. Le métabolisme :

3.1. Absorption : le Mg est quasiment absorbé au niveau ruminal (Lamand, Barlet et Rayssiguier, 1986; Jean-Blain, 2002; Odette, 2005), par un transport actif (par la pompe Na-K ATPase dépendante) (Martens et Rayseigier, 1980 cités par Marx, 2002), et seulement une faible quantité est absorbée à travers tout le tube digestif par un transport passif (Paragon, 1984; Martens, Leonhard et Gäbel, 1991). Au niveau de l'intestin grêle nous constatons que sa sécrétion est plus élevée que s'absorption (Paragon, 1984).

Chez l'adulte, l'absorption se fait majoritairement au niveau du réticulo-rumen et en faible quantité au niveau du gros intestin, alors que chez le jeune le feuillet est le principal lieu de l'absorption préintestinale (Dillon et Scott, 1979, cités par Marx, 2002).

L'absorption de Mg est décroît avec l'âge de l'animal, et sa digestibilité variée en fonction de la source alimentaire disponible, par exemple l'oxyde du Mg est plus digestible que le sulfate de Mg (Hankins, Snyder, Hauth, Gilstrap, Wians et Van Dellen, 1990; Jean-Blain, 2002; Martens et Schweigel, 2003).

3.2. L'excrétion : le Mg est éliminé par 03 voies.

L'excrétion rénale: constituée le mécanisme régulateur majeur du bilan magnésien : elle s'accroît en cas de surcharge magnésique et se réduit en cas de déficit magnésique (Lamand et al., 1986). Lorsque la magnésémie est au dessous de 18g/l, l'excrétion rénale est supprimée (Jean-Blain, 2002).

L'excrétion fécale: l'élimination du Mg endogène est constante (Jean-Blain, 2002; Meschy, 2002).

La sécrétion par le lait : Pour la chèvre, les pertes du Mg par le lait sont estimées de 0.11g/l (Gueguen, 1997, cité par Meschy, 2002), donc ces animaux sont plus sensible a la carence magnésienne par rapport aux animaux non laitiers (Sowande et Aina, 2001).

VI.4.1. 3. Le sodium (Na) et le chlore (Cl) :

Ces deux éléments sont presque toujours associés (le sel). L'organisme animal contient 1 à 1.9g/kg de poids corporel de Na, et 1 à 1.2g/kg de poids corporel de Cl. A l'inverse du potassium, ces ions sont en majorités extracellulaires, où le plasma renferme 149mEq/l de Na et 103mEq/l pour le Cl (Jean-Blain, 2002). De plus, le taux de ces ions est plus élevé dans la peau qu'on peut considérer comme un dépôt de chlorure de sodium (Kolb, 1970).

Rôle : ces minéraux jouent un rôle important dans l'équilibre acido-basique, dans le maintien de la pression osmotique intra et extracellulaire, le transit d'eau et la volémie. La

déchloruration, c'est à dire le déficit en NaCl, provoque chez l'animal, un violent désir de sel et même un diminution de l'appétit. Le sel est très appréciée par la chèvre qui peut en absorber jusqu'à 3g /jour (Gilbert, 2002).

En plus, le Na intervient dans l'excitabilité neuromusculaire, l'absorption des acides aminés et du glucose, et dans nombreux systèmes enzymatiques. Il entre aussi dans l'os comme un agent de cohésion. Alors que le Cl est participe essentiellement dans la sécrétion gastrique (par la formation de HCl), et l'activation de l'amylase intestinale (Paragon, 1984; Meziane, 2001).

2. Absorption : l'absorption à lieu tout au long du tube digestif, par un transport actif au niveau ruminal (Martens et al., 1991), et par une diffusion passive au niveau intestinal surtout le côlon (Paragon, 1984; Meziane, 2001). D'après Castillo (2004), le transport actif de Na et de Cl est dépend à la pompe Na^+/K^+ , le cotransporteur Na^+/Cl^- , l'échangeur Na^+/H^+ sur la membrane basal, et finalement à l'absorption du HCO_3^- . Par contre la diffusion passive est balancée par un dépôt de K (Meziane, 2001).

Selon Meschy, (2002), le CAR du sodium utilisé pour calculer les apports recommandés chez la chèvre est estimé de 80%.

Le Na est sécrété également par la salive sous forme de bicarbonate où environ 50% de ce Na salivaire est réabsorbé par le rumen (Meschy et al., 1995 cités par Meziane, 2001; Jean-Blain, 2002). La quantité de Na secrète par la salive est influencée par le temps de mastication chez les ruminants. Le Cl est sécrété aussi par la salive, et la paroi gastrique.

3. Excrétion : le Cl est presque absorbé totalement, donc 2% seulement de la quantité ingéré se trouve au niveau fécal. Pour le Na, la quantité éliminée est un peu plus importante et représente habituellement entre 15 et 20% de l'apport alimentaire (Jean-Blain, 2002).

Les pertes par les sueurs deviennent appréciable dans le cas du climat chaude (Paragon 1984).

La sécrétion par le lait est stable, chez la chèvre elle est estimée de 0.38g/l pour le Na, et 1.1g/l pour le Cl (Meschy, 2002).

Tableau n°14 : Les apports recommandés en Na chez les caprins (Meschy, 2002).

Etat physiologique	L'apport en sodium
Entretien	15 mg/kg PV
La croissance	1.6 g/kg PV
La gestation	2.5 g/kg PV *

(*) la valeur est citée par Gueguen et Barlet, 1978.

VI.4.1.4. Le potassium (K) :

Le pourcentage de potassium dans l'organisme animal est entre 0.17 et 0.25% avec une moyenne de 0.22%, mais il est varié selon l'espèce et l'âge. Cet élément est en entier intracellulaire, où on retrouve 150mEq/l dans le secteur intracellulaire et 3.5 à 5mEq/l dans le secteur extracellulaire.

Dans la cellule, la répartition du K est hétérogène avec une concentration plus importante dans les mitochondries. Les muscles et le foie sont également les organes les plus riches en K, alors que l'os et les liquides biologiques (plasma, liquide interstitiel,...) sont les plus pauvres. Il n'existe pas sous forme de réserve (Payne, 1983; Paragon, 1984; Madelaine, 1999; Meziane, 2001; Jean-Blain, 2002).

Pour le sang, le potassium est lié d'une manière complexe aux albumines dans les hématies et au niveau sérique, 13 à 19% de ce cation lié aux protéines est non dialysable. Chez la chèvre, le sang renferme 39.6 mg/100ml, le sérum 24.6mg/100ml, les globules rouges 67.9mg/100ml (Abdekhaldeen, 1898, cité par Madelaine, 1999).

1. Rôle : le potassium est le principal cation du secteur intracellulaire où il participe à un certain nombre de processus fondamentaux.

Ainsi, il intervient dans les phénomènes électriques membranaires, l'excitabilité neuromusculaire et la contractilité des muscles lisses, squelettiques et cardiaques (Pandiyani, Ghosh, Das, Das et Sanval, 2005), dans le métabolisme protidique, il agit comme cofacteur enzymatique pour de nombreuses réactions. Il participe également dans le maintien de l'équilibre acido-basique, et la régulation de la pression osmotique (Paragon, 1984; Madelaine, 1999; Jean-Blain, 2002).

2. Le métabolisme : l'absorption du potassium se fait aux différents niveaux du tube digestif par un phénomène complètement passif (différence avec celle du Na). D'après Meschy et al., (1995) cités par Meziane (2001), la quantité du K absorbée au niveau ruminal est proportionnelle à sa concentration.

L'excrétion urinaire représente la voie d'élimination et de régulation essentielle du K.

- En cas de carence potassique, la résorption tubulaire du K est très active pour le maintien du K dans l'organisme.
- En cas d'excédent potassique, la filtration glomérulaire et la sécrétion tubulaire sont optimisées (Castillo, 2004).

On observe également l'existence d'une élimination du K par le lait (chez la chèvre laitière, les pertes du K par le lait sont estimées de 106 à 180 mg/100g), par les fèces, et par des pertes transcutanées liées aux productions sudoripares (avec des variations selon le climat) (Madelaine, 1999). Aussi, il est excrété par la salive (la salive est très pauvre en K, généralement moins de 50mg/l, cette concentration est augmentée dans le cas d'un déficit sodique) (Paragon, 1984).

Tableau n°15 : Les apports recommandés chez la chèvre selon les différents stades physiologiques (Meschy, 2002).

Etat physiologique	Apport en K
Entretien	50 mg/kg PV
Gestation	1.9 g/kg PV
Croissance	2.4 g/kg PV

VI.4.2. L'étude des oligo-éléments :

VI.4.2.1. Fer (Fe) :

Le fer est un élément trace très peu abondant et très inégalement distribué dans l'organisme animal, il représente environ 0.004% de la composition totale (Kolb, 1970).

D'après Rivière, (1978); Meziane, (2001); Jean-Blain, (2002) le fer se trouve sous deux formes :

- La forme héminique : c'est le fer actif ferreux (Fe^{+2}) qui représente environ 70% du Fe total, il intervient dans la constitution des hémoprotéines comme l'hémoglobine (65%), la myoglobine (4-5%), dont le rôle est le transport de l'oxygène entre les tissus et le milieu extérieur. Comme il entre dans la synthèse de certains cytochromes.
- La forme non héminique : c'est le fer de transport et de stockage ferrique, il représente environ 30% du Fe total. On constate deux types :
 - la transferrine dans le plasma.
 - la ferritine et hemosiderine dans le foie, la rate, la moelle osseuse et l'intestin grêle.

D'après Braun, Bachellerie, Guelfi et Lebreton, (2001) la majeure partie du fer est liée à des protéines, le reste est sous forme ionique libre dont la concentration est très basse.

1. Le métabolisme du fer :

1.1 L'absorption : chez les ruminants, le Fe est absorbé au niveau de l'intestin grêle, principalement le duodénum et secondairement le jéjunum (Jean-Blain, 2002) sous forme de Fe^{+2} (Rousseaux, 2004), ou sous forme héminique (Braun et al., 2001) grâce à des récepteurs spécifiques.

Dans les entérocytes, le fer est partiellement stocké sous forme de ferritine et le reste est transféré au secteur plasmatique où il est lié à la sidérophylle pour former la transferrine (Braun et al., 2001; Rousseaux, 2004).

1.2. Le stockage : le stockage du fer se fait dans le foie (>1/3), les macrophages spléniques et médullaires (1/3), les muscles (Rousseaux, 2004) sous forme de ferritine. La capacité de

stockage de la ferritine est considérable: jusqu'à 4500 atomes de fer par molécule de ferritine (Braun et al., 2001).

Selon Paragon (1984), l'hémosidérine contient jusqu'à 35 % sous forme d'hydroxyde ferrique constitue la forme de stockage secondaire du fer. Elle résulterait d'une dénaturation de la ferritine, et ne s'accumulerait que dans des circonstances pathologiques (Rousseaux, 2004). De plus, quand les réserves en fer sont adéquates, les entérocytes peuvent accumuler cet élément sous forme d'un complexe « ferritine-fer » (Graham, 1991, cité par Meziane, 2001).

1.3. L'excrétion : l'élimination du fer est très faible, principalement digestive, par desquamation des entérocytes; les pertes dans l'urine sont négligeables (Paragon, 1984; Meziane, 2001). La majorité du fer est continuellement recyclée par le phénomène de la phagocytose (Graham, 1991; cité par Meziane, 2001).

Chez la chèvre la perte du fer par le lait comme chez tous les animaux est très faible et estimée de 0.46mg/l (Meschy, 2002).

Matériel et méthodes

I. La monographie de la région :

1. Présentation générale de la région de Touggourt :

La région de Touggourt est une région désertique, située dans le Sud-Est Algérien :

- Une latitude de 33° Nord, et une longitude de 6° Est, avec une altitude de 69m.

Elle est limitée au Nord par la commune de Djamaa, à l'Est par la commune de Taibet, au Sud et à l'Ouest par la commune d'El-hadjira.

La commune de Touggourt a une superficie totale de 1498,75km (Medjrab, 2000).

2. Présentation de la station :

Notre étude s'est déroulée dans la station expérimentale de l'**INRAA-sidi-Mehdi-Touggourt**.

La station de Sidi-Mehdi est située à 7Km au Sud-Est de chef lieu de Touggourt sur le plateau oriental de l'Oued Righ, avec une latitude de 33°04' Nord, une longitude de 6°05' Est, et une altitude de 85m.

Elle a été créée par le service des études scientifiques de l'hydraulique en 1959, puis transférées à INRAA qui assure sa gestion depuis 1966 à ce jour.

Le domaine s'étend sur une superficie de 52 ha, dont 30 ha de surface agricole utile comportant une palmeraie de 25 ha de variété Deglet-Nour et 5 ha destinés aux cultures fourragères (luzerne, orge) et maraîchères (tomate, courgette, piment)

N.B : A l'exception des fourrages, les autres cultures sous-jacentes sont destinées dans une large proportion à l'auto-consommation.

3. Les caractéristiques physiques de la station :

La station réunit les principales caractéristiques agronomique, pédologique et climatique de Oued Righ.

3.1. Le climat :

- Le climat de la région de Touggourt est de type saharien, aride, sec, caractérisé par deux périodes :

- **Une période chaude (sèche)** allant de Mai à Octobre, avec une température minimale moyenne de 22,08°C, et une température maximale moyenne de 35,98°C.

- **Une période froide (humide)** allant de Novembre à Avril, la température maximale moyenne est de 21,48°C et la température minimale de 7,83°C.

Tableau n° 16: Températures moyennes mensuelles de la région de Touggourt.(2000-2003)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Minima (C°)	0.5	06.6	8.8	14.4	18.2	23.5	26.4	26.3	23.7	14.4	9.1	3.1
Maxima (C°)	17.9	20.4	23.3	28.6	31.8	38	41.1	40.9	37	27.1	22	16.7
Moyenne (mm)	11.45	13.5	16.05	21.5	25	30.75	33.75	33.6	30.35	20.75	15.55	9.9

Sources : Office national de météorologie.

- Les précipitations sont rares et irrégulières, estimées à une moyenne de 61,9 mm par an, avec quatre averses : Janvier, Mars-Avril, Novembre et Décembre .
- Les vents sont fréquents et violents surtout durant la période allant de Mars à Juillet (Fellah, 2000; Fantazi, 2004).
- L'humidité relative de l'air est faible la moyenne annuelle est de 47,4 % (Fantazi, 2004).

3.2. L'eau :

Les eaux d'irrigation utilisées proviennent essentiellement de deux grands ensembles aquifères :

- L'ensemble inférieur, appelé continental intercalaire (CI), ou albien (la profondeur est moins de 1800 m, T°=58°C, salinité 2,5-3g/l).
- L'ensemble supérieur, dénommé aussi le complexe terminal, ou miopliocène (la profondeur est moins de 100 m, T°= 25°C, salinité 5-6 g/l) (Fantazi, 2004).

3.3. Le sol :

Les sols de la station sont généralement de type sablo-limoneux, parfois sableux avec 70% de sable fin, traversés par des encroûtements gypso-salins, très pauvres en matière organique (moins de 1%), avec un pH légèrement alcalin (7,5-8,8) (Fantazi, 2004).

Au niveau de la station, on observe l'installation d'un système de drainage, suite à la présence d'une couche d'argile imperméable à quelques mètres de profondeur (moins de 14m) (Fellah, 2000).

II. Matériel et Méthodes :

II.1. Matériel :

1. Les animaux :

Le cheptel est composé par :

Les animaux	Nombre
Age	
Jeunes [1jour-8mois[	12
Adultes [8mois-2ans [	11
Agés > 2 ans	32
Sexe	
Mâles	15
Femelles	40
Etat physiologique	
Femelles vides-taries	17
Femelles gestantes	05
Femelles allaitantes	10
Races	
Alpine	15
Cherkia	09
Arbia	18
Kabyle	06

Les animaux sont placés en stabulation permanente. Les femelles et les jeunes de chaque race sont élevés seuls. Les femelles en fin de gestation sont séparées de leurs congénères, pour éviter tout stress, mais aussi pour leur offrir un apport énergétique suffisant par une complémentation de 100g de concentrés avant et après le mise bas. Les nouveaux nés sont élevés au pis jusqu'au sevrage.

Tous les caprins de la station sont identifiés avec des boucles et des colliers, et vermifigés régulièrement par des antiparasitaires (Ivomec). La pesée des animaux se fait périodiquement, tous les quinze jours.

2. Les aliments et l'eau :

Les animaux recevant comme fourrage grossier : la luzerne, sorgho, l'avoine, les déchets de datte (les pédicelles de dattes et de palmes sèche hachées) et comme aliment concentré : les rebus de dattes, et l'orge, dont la quantité d'aliment distribué est variable, et dépend de l'état

physiologique, de l'âge, et de sexe de l'animal. Elle est en moyenne de 500g/ animal pour le fourrage grossier, et environ 300g pour les concentrés.

L'eau est distribuée deux fois par jour à 8 h et 16 h.

II.2. Méthodes :

1. Les analyses du sang :

1.1. Les prélèvements :

Deux prélèvements de sang ont été faits : le premier durant la saison humide (mois de Février); le second durant la saison sèche (mois de Juin).

Le sang, prélevé à la veine jugulaire après aseptie, est recueilli sur des tubes secs sous vide (tubes Vacutainer de 10ml). Ensuite, il est centrifugé à 3000 tours pendant 10 minutes, le sérum récolté, dans des tubes secs en plastique, est stocké à + 4°C jusqu'à leur analyse.

Les prélèvements de sang ont lieu le matin à 8 heure, les échantillons sanguins sont acheminés au laboratoire centrale de Constantine et le CHU de Batna pour la détermination des paramètres sanguins.

Les dosages ont porté sur les constantes biologiques suivantes : glucose, urée, protéines totales, albumine, créatinine, cholestérol, triglycérides et sur les minéraux : Ca, P, Mg, Na, K et le Fe.

1.2. Méthodes de dosage :

1.2.1. Les minéraux :

Les méthodes utilisées pour le dosage des éléments minéraux dans le sang sont :

1-Calcium

Dosé par technique colorimétrique à l'O-Crésol-phthaléine-complexon sans déprotéinisation. Lecture à 570 nm.

2-Phosphore

Dosé par technique colorimétrique (Réaction molybdène/vanadate), le complexe coloré en jaune est déterminé au spectrophotomètre à 405 nm.

3-Magnésium

Méthode colorimétrique au bleu de xylitidine.

4-Sodium-Potassium.

Méthode de détermination par photométrie à flamme.

5-Fer

Technique colorimétrique automatique (Technicon RA1000, Bayer Diagnostic, Puteaux-France).

Principe

Le Fe^{+3} est détaché de la transferrine par un mélange de détergents à pH faiblement acide, puis réduit en Fe^{+2} par l'acide ascorbique. Le Fe^{+2} forme un complexe coloré avec la ferrozine. La lecture se fait à une longueur d'onde de 578nm.

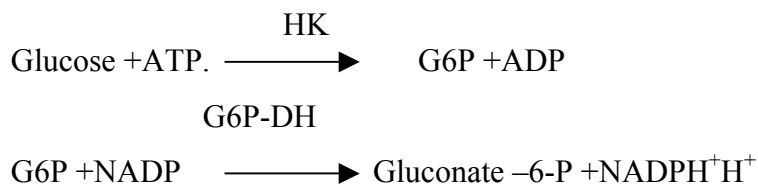
1.2.2. Les constantes biologiques :

1-Le Glucose

Méthode

Hexokinase/G6P-DH avec déprotéinisation

Principe



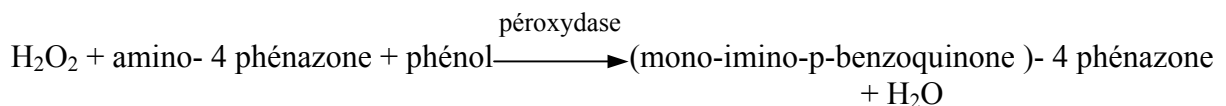
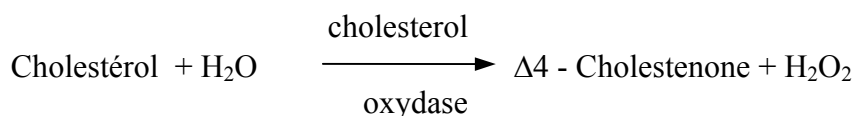
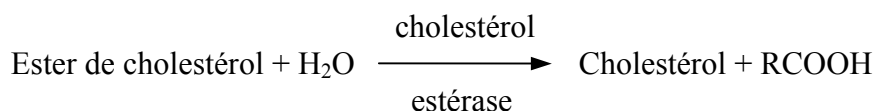
La lecture se fait à une longueur d'onde 340nm.

2-Le cholestérol

Méthode

Test colorimétrique enzymatique CHOP-PAP.

Principe



Le produit final coloré en rose. La lecture se fait à une longueur d'onde de 500nm.

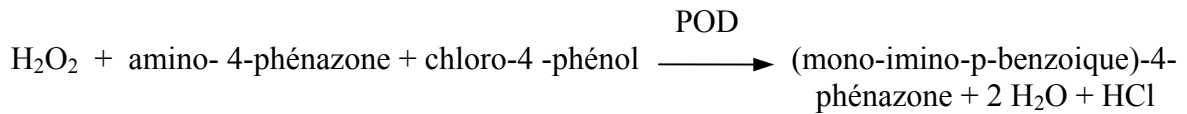
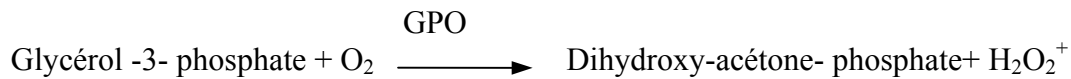
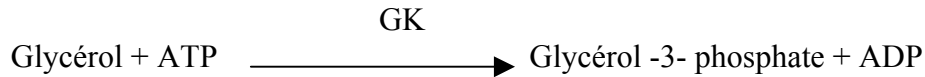
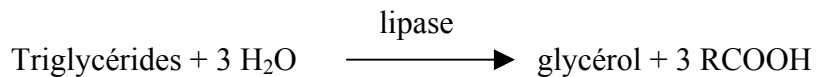
3 –Les triglycérides

Méthode

Test colorimétrique enzymatique.

Principe

Hydrolyse enzymatique des triglycérides suivie du dosage en colorimétrie du glycérol libéré.

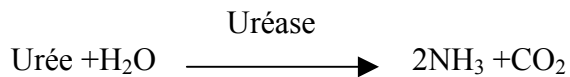


La lecture se fait à une longueur d'onde de 500nm.

5- Urée :

Méthode a l'uréase

Principe



6- Les protéines totales :

Méthode du biuret (bayer diagnostic).

Principe

Les protéines forment avec les ions cuivriques, en milieu alcalin, un complexe coloré. La lecture se fait à une longueur d'onde de 546nm.

7-L'albumine :

La sérum albumine est dosée par la technique colorimétrique au Vert de Bromo-Crésol (Bayer Diagnostic).

8-La créatinine :

Méthode de jaffe sans deproteinisation.

Principe

En milieu alcalin, la créatinine forme avec le picrate un complexe coloré. On mesure la vitesse de développement de la coloration. La lecture se fait à une longueur d'onde de 492nm.

2. Traitement statistique :

L'analyse statistique des données par le test de Student (test t) a été réalisée sur le logiciel STATITCF, par une comparaison de deux moyennes (moyennes saisonnières de chaque paramètre dans les deux saisons : échantillons indépendants) et par une comparaison à une référence (moyenne obtenue de chaque paramètre par rapport aux normes internationales).

La significations des exposants :

a : jeunes versus adultes.

b : jeunes versus âgés.

c : adultes versus âgés.

d : mâles versus femelles.

e : femelles vides-taries versus femelles gestantes.

f : femelles vides-taries versus femelles allaitantes.

g : femelles gestantes versus femelles allaitantes.

h : la race Alpine versus la race Cherkia.

i : la race Alpine versus la race Arbia.

j : la race Alpine versus la race Kabyle.

k : la race Cherkia versus la race Arbia.

l : la race Cherkia. versus la race Kabyle.

m : la race Arbia versus la race Kabyle.

Les signes * indique la comparaison des moyennes entre les différentes catégories d'animaux :

* : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$. Ils sont utilisés dans le cas des différences significatives.

Résultats et discussion

Chapitre I :

Les paramètres plasmatiques du métabolisme énergétique

I.1. La glycémie :

Tableau n°17 : Les variations saisonnières de la glycémie (g/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Castro et al., (1977a) (1). Sylvie et al., (1982) (2). Mollereau et al., (1995) (3). Nazifi et al., (1999) (4). Merck, (2002) (5).
Age			0.70 ± 0.10 : (1). 0.84 ± 0.15 : (2). 0.43 - 0.99 : (3). 0.56 ± 0.04 : (4). 0.48 - 0.76 : (5).
Jeunes	0.35 ± 0.14	0.21 ± 0.14	
Adultes	0.36 ± 0.19	0.20 ± 0.13	
Agés	0.40 ± 0.12 ***	0.19 ± 0.09	
Sexe			
Mâles	0.36 ± 0.15 *	0.18 ± 0.10	
Femelles	0.39 ± 0.13 ***	0.20 ± 0.11	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	0.47 ± 0.07 ***	0.23 ± 0.29	
Femelles gestantes	0.46 ± 0.04	0.20 ± 0.11	
Femelles allaitantes	0.33 ± 0.15	0.17 ± 0.07	
Race			
Race Alpine	0.42 ± 0.07 ***	0.11 ± 0.05 ^{i*, j**}	
Race Cherkia	0.40 ± 0.08 ***	0.16 ± 0.10	
Race Arbia	0.31 ± 0.20	0.23 ± 0.09	
Race Kabyle	0.37 ± 0.18	0.28 ± 0.10 ^{i*}	

Les valeurs obtenues sont au dessous de la fourchette des normes internationales comme cités par Castro, Dhindsa, Hoversland, Malkus, Metcalfe et Rosenthal, (1977a); Sylvie, Sayn, Benoit, Garnier et Delatour, (1982); Mollereau et al., (1995); Nazifi, Dehghani et Gheisari, (1999) et Merck (2002). Alors qu'elles sont similaires aux valeurs trouvées par Cronj'e (1995);

(Hart et al., 1993 cités par Chang, Chen et Wu, 1996); Žubčić, (2001) et qui sont nettement inférieures à la littérature.

L'effet de la saison :

La glycémie paraît affectée par la saison, où, nous avons noté des différences significatives : ($p < 0.001$) pour les sujets âgés, les femelles vides-taries, les sujets de la race Alpine et ceux de la race Cherkia et ($p < 0.05$) pour les mâles. Cela est en accord avec Herbein, Aiello, Eckler, Pearson et Akers (1985).

Cette hypoglycémie pendant la saison sèche pourrait être expliquée par un bilan énergétique négatif dans la ration (Nachtom, Halevi, Bruckental et Amir, 1991; Chorfi et Girard, 2005), et cela suite soit :

- à la disette estivale due à la rareté en ressources alimentaires comme souligné par Andrieu, Beranger, Demarquilly, Dulphy, Gea, Hoden, Jarrige, Journet, Lienard, Petit, Remond, Theriez et Thivend, (1976). Chez les ruminants, les cas sévères des disettes (déficit énergétique) provoquent un accroissement des teneurs en acides gras non estérifiés (AGNE) plasmatiques et la diminution du glucose (Marteniuk et Herdt, 1988; Kleppe, Aiello, Grummer et Armentano, 1988; Chilliard, Bocquier et Doreau, 1998; Bocquier, Caja, Oregui, Ferret, Molina et Barillet, 2002). De plus, ces animaux n'arriveraient pas à compenser l'hypoglycémie par la NGG à partir des substances glucoformatrices.
- ou, à un apport alimentaire de qualité médiocre (Bennis, Ouedraogo, Concordet, De La Farge, Valdiguie, Rico et Braun, 1994), ou déséquilibré (apport azoté élevé, ce qui est observé dans notre étude par un taux relativement élevé de l'urémie durant cette saison).

D'après Bocquier, Leboeuf, Rouel et Chilliard, (1998) la glycémie est un paramètre qui n'est pas très sensible aux différences d'apports alimentaires, comme décrit chez les ruminants, tandis que, Meza, Rincon, Banuelos, Echfarria et Arechiga, (2004) et Klimiene, Spakauskas et Matusevicius, (2005) ont montré que la glycémie est fortement affectée par l'alimentation et même par la privation d'eau.

L'effet de l'âge et du sexe :

On n'observe aucun effet significatif lors de la comparaison des moyennes dans les deux catégories d'animaux.

En ce que concerne l'âge, la glycémie diminue avec l'âge (plus que l'âge avancé, plus que la glycémie diminue) (Žubčić, 2001; Antunović, Peranda et Steiner, 2004), ce qui est très évidente dans notre travail pendant la saison sèche. Cette diminution pourrait être interprétée par la faible régénération du glucose chez les sujets âgés (Church, 1993 cité par Antunović et al., 2004).

L'effet de l'état physiologique :

D'après Van den Top, Van't Klooster, Wensing, Wentink et Beynen, (1995) et Amer, Salem et Al-Hozab, (1999), la glycémie n'est pas influencée par l'état physiologique chez la chèvre. Par contre, dans notre étude nous avons souligné une glycémie élevée « différences non significatives » chez les femelles vides-taries par rapport aux femelles gestantes. Cette situation a été également observée chez la chèvre du Sahel étudiée par Sandabe, Mustapha et Sambo, (2004) [0.71 ± 0.14 g/l contre 0.63 ± 0.77 g/l]; Khan et Ludri, (2002); Antunović et al., (2004) chez la brebis et même chez la vache (Otto, Vilela, Harun, Taylor, Baggasse et Bogin, 2000).

La diminution de la glycémie pendant la gestation s'expliquerait par l'augmentation de la perméabilité et l'utilisation du glucose maternel par le ou les fœtus (Tontis et Zwahlen, 1987; Sahlu, Hart, Le-Trong, Jia, Dawson, Gipson et Teh, 1995; Sandabe et al., 2004) d'une part, et par l'augmentation de l'insulinémie chez la chèvre gestante (Landau et al., 1997; Khan et Ludri, 2002).

L'effet de la race :

La comparaison des moyennes entre les différentes races montre des différences significatives pendant la saison sèche avec ($p < 0.05$) pour l'Alpine versus Arbia; Cherkia versus Kabyle, et ($p < 0.01$) pour l'Alpine versus Kabyle. D'après ces résultats, nous avons conclu que la race Alpine est plus sensible à la sous-nutrition estivale, par contre la race Kabyle s'adapte et valoriserait mieux les ressources alimentaires que les autres animaux dans les mêmes conditions d'élevage (Ndoutamia et Ganda, 2005). De plus, la capacité d'adaptation des ruminants de races issues des zones méditerranéennes ou tropicales est en général plus importante que celle d'animaux de races importées originaires des climats tempérés (Morand-Fehr et Doreau, 2001).

I.2. La cholestérolémie

Le cholestérol joue un rôle indispensable dans l'organisme : il intervient comme précurseur des hormones stéroïdiennes et des acides biliaires, ainsi que dans la composition des membranes cellulaires. La majeure partie du cholestérol est endogène et synthétisée dans le foie à partir de l'acétyl CoA, mais également dans l'intestin, les surrénales, les testicules, les ovaires, la peau et le système nerveux (Haddad, 1981; Meziane, 2001; Mbuh et Mbuye, 2005). Une petite partie du cholestérol est issue directement de l'alimentation.

Dans le sang, il est véhiculé par les lipoprotéines, et se trouve sous deux formes estérifiée, et non estérifiée. La concentration en cholestérol libre est approximativement 5 à 7 fois plus faible que celle en cholestérol estérifié (Raphael et al., 1973a; Van Dijk et Wensing, 1989) cités par Cuvelier et al., (2005b).

Tableau n°18 : Les variations saisonnières de la cholestérolémie (g/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles : Sylvie et al., (1982) (1). Pugliese et al.,(1982) (2). Mollereau et al., (1995) (3). Merck, (2002) (4).
Age			0.70 ± 0.12 : (1). 0.46 - 0.90 : (2). 0.53 - 2.11 : (3). 0.64 - 1.36 : (4).
Jeunes	0.59 ± 0.15	0.51 ± 0.10 ^{b*}	
Adultes	0.58 ± 0.04	0.56 ± 0.16	
Agés	0.56 ± 0.10	0.62 ± 0.09	
Sexe			
Mâles	0.65 ± 0.08	0.62 ± 0.12	
Femelles	0.54 ± 0.10 ^{d*}	0.57 ± 0.11	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	0.50 ± 0.06	0.58 ± 0.11	
Femelles gestantes	0.58 ± 0.06	0.65 ± 0.19	
Femelles allaitantes	0.52 ± 0.09	0.60 ± 0.05	
Race			
Race Alpine	0.56 ± 0.08	0.62 ± 0.10	
Race Cherkia	0.62 ± 0.13	0.62 ± 0.12	
Race Arbia	0.55 ± 0.11	0.56 ± 0.14	
Race Kabyle	0.51 ± 0.07	0.53 ± 0.08	

Pugliese et al. (1982) cité par Žubčić, (2001).

Les valeurs obtenues sont approximativement dans la fourchette des normes internationales cités par Sylvie et al., (1982); Pugliese et al., (1982) et Mollereau et al., (1995). Elles sont par contre inférieures à celles obtenues par Merck (2002).

L'effet de la saison :

La saison semble ne pas avoir une influence sur les variations de la cholestérolémie, puisque la comparaison des moyennes montre aucune différence significative. Antunović, Sencic, Speranda et Liker, (2002) trouvent les mêmes résultats, par contre (Cottureau, 1977; Desplats, 1977), cités par Chachoua, (2005) rapportent que la cholestérolémie est fortement altérée par la saison chez la brebis.

L'effet du sexe :

On observe une différence significative ($p < 0.05$) entre les mâles et les femelles pendant la saison humide, alors que Otto et al., (2000) trouvent des différences non significatives entre les deux sexes chez la vache. Les valeurs marginales de la cholestérolémie durant cette saison chez les femelles pourraient être expliquée par la lipogenèse, suite à la teneur basse du glucose plasmatique constatée. De plus, lorsque la croissance musculaire diminue, les nutriments sont orientés vers la lipogenèse dans les tissus adipeux (Bergen, 1974 cité par Vernon, Barber et Travers, 1999).

L'effet de l'âge :

La cholestérolémie est affectée par l'âge chez la chèvre Iranienne (Nazifi et al., 2002) et les ovins (Rico, 1976 cité par Chachoua 2005). Elle augmente pendant la naissance puis diminue avec l'âge chez les caprins (Mbassa et Poulsen, 1991; Nazifi et al., 2002). Dans notre étude, nous constatons une différence significative ($p < 0.05$) entre les jeunes et les sujets âgés pendant la saison sèche. L'hypocholestérolémie chez les jeunes durant cette saison pourrait être due à la chaleur; l'augmentation de température de 25 à 40°C peut réduire la consommation d'aliments de 40 à 60% par la diminution d'appétit comme rapporté par Agabriel et Doreau (2003).

L'effet de l'état physiologique :

L'étude des résultats obtenus durant notre travail fait ressortir les constatations suivantes :

- Une augmentation non significative de la cholestérolémie chez les femelles gestantes par rapport aux femelles vides, la même situation est constatée chez la chèvre du Sahel : 0.79 ± 0.14 pour les gestantes et 0.67 ± 0.11 pour les femelles vides (Sandabe et al., 2004), et même chez la brebis (Antunović et al., 2004).
- Une augmentation du cholestérol plasmatique, non significative, chez les femelles gestantes par rapport aux femelles allaitantes, est souligné par Antunović et al., (2002) chez la brebis.
- Chez les femelles allaitantes, le taux de la cholestérolémie est haut par rapport à celui des femelles tarées, et en même temps il est similaire à celui obtenu par Mbassa et Poulsen, (1991b) chez la chèvre Danish Landrace. (Van Dijk et Wensing, 1989) cités par Cuvelier et al., (2005b); Otto et al. (2000) et Antunović et al., (2004) constatent la même situation respectivement chez la vache et la brebis.

La croissance rapide du ou des fœtus durant la gestation, surtout le deuxième tiers entraîne une hyper-activité de leur thyroïde et en même temps une hypothyroïdie maternelle, qui est par conséquence la cause de l'augmentation de la cholestérolémie chez la mère (Todini, Malfatti,

Valbonesi, Trabalza-Marinucci et Debenedetti, 2006), car il existe une corrélation négative entre la cholestérolémie et l'activité de la thyroïde (Bartley, 1989 cité par Nazifi et al., 2002).

L'effet de la race :

La comparaison des moyennes reflète des différences non significatives entre les races. Cette symétrie est semblable à celle obtenue par Ndoutamia et Ganda (2005).

I.3. La triglycéridémie

Les triglycérides ont une double origine, exogène synthétisé à l'intérieur des entérocytes à partir des acides gras et de glycérol, et un origine endogène au niveau hépatique.

Ces triglycérides, avec certains acides gras libres, et le cholestérol, sont couverts d'une protéine pour former les chylomicrons (Meziane, 2001).

Tableau n°19 : Les variations saisonnières des triglycérides plasmatiques (g/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Ruckebusch,(1981) (1). Pugliese et al.,(1982) (2). Mollereau et al., (1995) (3). Daramola et al., (2005) (4).
Age			0.40 - 1.50 : (1). 0.17 - 0.61 : (2). 0.14 - 0.44 : (3). 0.14 - 1.40 : (4).
Jeunes	0.33 ± 0.18	0.28 ± 0.12	
Adultes	0.17 ± 0.03	0.20 ± 0.13	
Agés	0.18 ± 0.06	0.23 ± 0.08	
Sexe			
Mâles	0.26 ± 0.10	0.27 ± 0.11	
Femelles	0.19 ± 0.09	0.24 ± 0.10	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	0.14 ± 0.04	0.18 ± 0.04	
Femelles gestantes	0.16 ± 0.02	0.25 ± 0.07	
Femelles allaitantes	0.19 ± 0.05	0.29 ± 0.15	
Race			
Race Alpine	0.28 ± 0.07	0.22 ± 0.05	
Race Cherkia	0.19 ± 0.03	0.26 ± 0.12	
Race Arbia	0.25 ± 0.05 ^{m**}	0.28 ± 0.11 ^{m*}	
Race Kabyle	0.14 ± 0.04	0.16 ± 0.02	

Les valeurs obtenues sont dans la fourchette des normes physiologiques comme cité par Mollereau et al., (1995) et Daramola, Adeloye, Fatoba et Soladoye, (2005). Par contre, elles sont très basses que celles obtenues par Ruckebusch, (1981) et Pugliese et al., (1982).

Dans notre étude, on ne note pas des différences significatives entre les deux saisons, comme Krokavec, Simo, Martinko et Krokavcova, (1992).

L'effet du sexe et de l'âge sur la triglycéridémie reflète des différences non significatives, ce qui rapporte par Tambuwal, Agale et Bangana, (2002) chez la chèvre Sokoto rouge et Daramol et al., (2005) chez la chèvre de West African Dwarf. Cependant Nazifi et al. (2002) remarque l'influence de l'âge sur ce paramètre chez la chèvre Iranienne.

L'effet de l'état physiologique :

L'augmentation de la triglycéridémie non significative chez les femelles allaitantes pourrait être due à la diminution de la glycémie et de l'insulinémie d'une part, et d'autre part à l'augmentation de la teneur plasmatique de l'hormone de croissance, de la glucagon et les AGNE, (Herbein et al., 1985; Vazquez-Anon, Bertics, Luck, Grummer et Plnhelro, 1994; Hayirli, Bertics et Grummer, 2002), pour le passage dans le lait car la matière grasse du lait est constituée essentiellement par les triglycérides (98%) (Jean-Blain, 2002).

L'effet de la race :

La comparaison des moyennes reflète des différences significatives ($p < 0.01$, $p < 0.05$) entre la race Arbia versus Kabyle respectivement pendant les deux saisons.

La diminution de la triglycéridémie chez les sujets de la race Kabyle, et d'après nos résultats obtenus pour la glycémie et la cholestérolémie, pourrait être interpréter par la diminution de l'activité lipoprotéine-lipasique du tissu adipeux et du muscle de ruminant et l'augmentation de la lipogénese (Gagliostro et al., 1991, cités par Chang et al., 1996), alors qu'une forte diminution de la triglycéridémie est observée chez les ruminants après une sous-alimentation (Chilliard et al., 1998b cités par Faulconnier, Bonnet, Bocquier, Leroux, Hocquette, Martin et Chilliard, 1999).

Chapitre II :

Les paramètres plasmatiques du métabolisme azote

II.1. L'urémie :

Tableau n° 20: Les variations saisonnières de l'urée (g/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles
			Oduye et Adadevoh, (1976) (1). Sylvie et al., (1981) (2). Mollereau et al., (1995) (3). Nazifi et al., (1999) (4). Merck, (2002) (5). Ndoutamia et al., (2002) (6). Tambuwal et al., (2002) (7). Daramola et al., (2005) (8).
Age			0.44 ± 0.10 : (1). 0.49 ± 0.16 : (2). 0.24 – 0.72 : (3). 0.56 ± 0.04 : (4). 0.27 – 0.55 : (5). 0.30 ± 0.09 : (6). 0.28 ± 0.12 : (7). 0.04 – 0.58 : (8).
Jeunes	0.34 ± 0.07	0.34 ± 0.04	
Adultes	0.33 ± 0.12	0.40 ± 0.08	
Agés	0.44 ± 0.50**	0.41 ± 0.09 ^{b*}	
Sexe			
Mâles	0.37 ± 0.08	0.38 ± 0.07	
Femelles	0.30 ± 0.10***	0.40 ± 0.09	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	0.28 ± 0.10*	0.44 ± 0.05 ^{e**}	
Femelles gestantes	0.32 ± 0.04	0.34 ± 0.04	
Femelles allaitantes	0.31 ± 0.11	0.31 ± 0.15	
Race			
Race Alpine	0.30 ± 0.06 ^{h*}	0.44 ± 0.07 **	
Race Cherkia	0.27 ± 0.08 ^{k*}	0.34 ± 0.08	
Race Arbia	0.39 ± 0.09	0.41 ± 0.07	
Race Kabyle	0.35 ± 0.09	0.42 ± 0.06	

La concentration d'urée peut servir comme indicateur pour estimer les rejets azotés urinaires et évaluer le niveau de l'alimentation azotée chez les ruminants (Sanz Sampelayo, Lupiani, Guerrero et Boza, 1998; Faverdin et Verite, 2004; Kohn, Dinneen et Russek-Cohen, 2005).

Les valeurs obtenues pour l'urémie sont dans l'intervalle des normes physiologiques cités par les différents auteurs (voir tableau n°20).

L'effet de la saison :

La comparaison des moyennes entre les différentes catégories d'animaux dans les deux saisons montre des différences non significatives sauf pour : les sujets âgés ($p < 0.01$); les femelles ($p < 0.001$); les femelles vides-taries et les sujets de la race Alpine ($p < 0.05$).

L'augmentation de l'urémie pendant la saison sèche; mais toujours dans les normes; pourrait être expliquée soit par la privation d'eau ou par la déshydratation selon Bengoumi et Faye, (2002), ou, par un régime riche en apports azotés ou une sous nutrition énergétique (Turner, Wildeus et Collins, 2005). La digestion efficace des protéines (dégradation au niveau du rumen) pourrait être une cause de cette augmentation (Olayemi, 2001; Hammoud et al., 1994 cités par Turner et al., 2005).

On peut observer également une augmentation de l'urémie lors de l'intoxication par l'urée suite à son adjonction dans la ration (Meziane, 2001; Chachoua, 2005), des affections rénales, et l'alcalose (Chorfi et Girard, 2005). L'absence des signes cliniques chez les animaux infirme ces hypothèses chez les animaux étudiés.

L'effet de l'âge :

L'urémie est influencée par l'âge chez les caprins (Mbassa et Poulsen, 1991), par contre Daramola et al. (2005) constatent un effet négligeable de ce facteur.

Dans notre étude, nous constatons une différence significative ($p < 0.05$) entre les jeunes versus les sujets âgés pendant la saison sèche. L'augmentation de l'urémie chez les sujets âgés durant la saison sèche; mais toujours dans les normes; pourrait être due à un catabolisme accru (fièvre, jeûne, effort), et/ou à la conversion des protéines en acides aminés glucoformateurs pour la compensation du déficit énergétique (Landau et al., 1997; Otto et al., 2000).

L'effet du sexe :

La comparaison des moyennes reflète des différences non significatives entre les deux sexes. Par contre Mbassa et Poulsen (1991) trouvent des différences significatives entre les mâles et les femelles de même âge. De plus, Otto et al., (2000) remarquent une urémie relativement élevée chez les mâles, ce qui est noté dans notre étude pendant la saison humide.

L'effet de l'état physiologique :

L'étude des résultats obtenus durant notre travail fait ressortir les constatations suivantes :

- Une différence significative ($p < 0.01$) de l'urémie entre les femelles vides et gestantes pendant la saison sèche mais toujours dans les normes. Ces résultats sont en accord avec Mbassa et Poulsen (1991b) chez les chèvres Landrace Danish. Sandabo et al., (2004) remarque le même effet chez les chèvres du Sahel et Antunović et al., (2004) chez la

brebis, qui trouvent des différences significatives ($p < 0.05$) entre les femelles vides et gestantes.

L'augmentation chez les femelles vides pourrait être interprétée par:

- une parasitose comme il est rapporté par Ndoutamia et al., (2002) dans le cas des trypanosomoses.
- ou, par une récupération de réserve corporelles pendant la période d'entretien.
- Une augmentation de l'urémie insignifiante chez les femelles gestantes et allaitantes dans la saison sèche par rapport à la saison humide est souligné aussi par Kwiatkowski et al., (1985) cités par Antunović et al., (2002) chez la brebis. Outre, Mellado, Rodriguez, Villarreal et Olvera, (2005), constatent une diminution de l'urémie au début de lactation chez la chèvre pendant la saison sèche. Cette augmentation pourrait être interpréter par la diminution de la filtration glomérulaire et la réduction de la clairance d'urée pendant la gestation et la lactation (El-sherif et Assad, 2001; Jankowiak et Sarelo, 2002). De plus, Khaled, Illek et Gajdůšek, (1999) montrent l'existence d'une corrélation positive entre l'urée plasmatique et l'urée du lait au début de lactation chez la chèvre.
- Chez les femelles gestantes, l'urémie est plus élevée que chez les allaitantes, cette donnée est en accord avec El-sherif et Assad (2001), par contre, Scott et Robinson (1976) et Meziane, (2001) constatent que la gestation n'a pas d'effet sur l'urémie chez la brebis.

L'effet de la race :

On observe des différences significatives ($p < 0.05$) : entre la race Alpine versus Cherkia pendant la saison sèche, et la race Cherkia versus la race Arbia pendant la saison humide. La variation dans le taux plasmatique de l'urée entre les différentes races est rapportée par Sahl, Hart et Fernandez, (1993).

La concentration sérique de l'urée relativement faible chez la race Cherkia par rapport aux autres races, pourrait être due à des effets génétiques. Ces résultats est semblable a celle de Ndoutamia et Ganda (2005) pour les chèvres sahéliennes.

II. 2. Les protéines totales :

La concentration des protéines totales reflète généralement la disponibilité en AA provenant des protéines alimentaires et de la biomasse ruminale (Ajala, Oyeyemi, Oke et Alakpa, 2000; Chorfi et Girard, 2005).

Tableau n°21 : Les variations saisonnières des protéines totales (g/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Oduye et Adadevoh, (1976) (1). Castro et al., (1977a) (2). Ridoux, (1981) (3). Sylvie et al., (1982) (4). Mollereau et al., (1995) (5). Nazifi et al., (1999) (6). Merck, (2002) (7). Tambuwal et al., (2002) (8). Daramola et al., (2005) (9).
Age			
Jeunes	60.00 ± 7.29	57.20± 11.25	
Adultes	63.80 ± 7.25	60.33 ± 6.74 ^{c**}	
Agés	64.93 ± 5.99 [*]	69.62 ± 5.85 ^{b*}	
Sexe			
Mâles	67.57 ± 6.60	67.28± 7.76	
Femelles	62.25 ± 6.12	64.55± 9.24	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	62.00 ± 4.32	67.00± 5.98	
Femelles gestantes	65.66 ± 5.13	69.00± 1.41 ^{e*}	
Femelles allaitantes	61.57 ± 6.02	67.66± 13.05	
Race			
Race Alpine	63.50 ± 6.12	71.50 ± 6.12	
Race Cherkia	61.44 ± 5.79	63.11 ± 10.71	
Race Arbia	66.00 ± 8.14	62.33 ± 8.33	
Race Kabyle	64.66 ± 7.08	65.16 ± 6.96	

La protéinémie reste dans l'intervalle des normes physiologiques citées par Oduye et Adadevoh, (1976); Castro et al., (1977a); Ridoux, (1981); Sylvie et al., (1982); Mollereau et al., (1995); Tambuwal et al., (2002); Merck, (2002) et Daramola et al., (2005). Cependant ; elle est relativement faible par rapport à la valeur citée par Nazifi et al., (1999).

L'effet de la saison :

Durant la saison sèche, il y a une légère augmentation non significative de la protéinémie sauf pour les sujets âgés, mais dans la majorité des cas, elle reste relativement stable. L'augmentation pendant la saison sèche a été indiquée aussi par Olayemi (2001) et Antunović et al., (2002) chez la brebis pendant l'été.

L'effet de l'âge :

D'après Mbassa et Poulsen, (1991), la protéinémie chez les caprins est influencée par l'âge, cependant Daramola et al. (2005) constate l'effet inverse de ce facteur.

Cet effet est nettement évident dans notre étude, où, nous constatons une différence significative ($p < 0.01$) entre les jeunes versus les sujets âgés et ($p < 0.05$) entre les adultes et les sujets âgés pendant la saison sèche. La protéinémie élevée chez les sujets âgés rapportée aussi par Antunović et al., (2004), s'expliquerait par la déshydratation.

L'effet de l'état physiologique :

Le traitement statistique des données révèle une différence significative ($p < 0.05$) de la protéinémie entre les femelles vides et les gestantes pendant la saison sèche mais toujours dans les normes. L'augmentation significative de la protéinémie chez les gestantes est soulignée par El-sherif et Assad (2001); Meziane (2001); Antunović et al., (2002) chez la brebis. Cette augmentation pourrait être interprétée par la mobilisation des réserves protéiques maternel pour la satisfaction des besoins fœtaux en AA pendant la gestation surtout le deuxième tiers.

La diminution non significative de la protéinémie chez les chèvres allaitantes pourrait être expliquée par l'extraction et le passage rapides des immunoglobulines dans le colostrum via les glandes mammaire au début de lactation (Kaneko, 1997 cité par Otto et al., 2000).

L'effet du sexe et de la race :

On ne note pas d'effets significatifs après la comparaison des moyennes d'animaux, comme il est rapporté par Awolaja, Antia et Oyejide, (1997) chez la vache.

II.3. L'albuminémie :

L'albumine est une protéine synthétisée dans le foie. Elle sert au maintien de la pression oncotique, et le transport des hormones thyroïdienne, les hormones liposolubles, les acides gras libres, Ca, la bilirubine non-conjuguée, et tamponner le pH.

Chez les ruminants domestiques, l'albumine est utilisée avec les protéines totales comme un indicateur de la nutrition protéique (Säkinen, Tverdal, Eloranta, Dahl, Holand, Saarela et Ropstad, 2005).

Tableau n°22 : Les variations saisonnières de l'albumine (g/l).

Comparativement aux normes physiologiques, nos valeurs restent dans l'intervalle normal

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Oduye et Adadevoh, (1976) (1). Castro et al., (1977a) (2). Sylvie et al., (1981) (3). Mollereau et al., (1995) (4). Merck, (2002) (5). Tambuwal et al., (2002) (6). Daramola et al., (2005) (7).
Age			25.8 ± 4 : (1). 32 ± 6.0 : (2). 34.6 ± 4.1 : (3). 24 – 43 : (4). 23.5 – 35.7 : (5). 25 ± 18 : (6). 28 ± 43 : (7).
Jeunes	27.00 ± 4.24	25.60 ± 6.22	
Adultes	29.40 ± 3.20	30.33 ± 2.87	
Agés	27.25 ± 3.76*	30.12 ± 3.22	
Sexe			
Mâles	30.00 ± 3.55	31.28 ± 3.40	
Femelles	26.75 ± 3.50 d*	28.65 ± 4.18	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	27.25 ± 3.30	30.53 ± 2.33	
Femelles gestantes	29.66 ± 1.52	31.00 ± 1.41	
Femelles allaitantes	24.57 ± 2.43	26.66 ± 3.21	
Race			
Race Alpine	28.66 ± 3.14	30.16 ± 1.94	
Race Cherkia	26.88 ± 2.93	28.22 ± 5.40	
Race Arbia	27.00 ± 5.72	30.66 ± 5.20	
Race Kabyle	28.16 ± 3.65	28.83 ± 2.13	

décrit par les nombreux auteurs (voir tableau n° 22).

L'effet de la saison :

La comparaison des moyennes dans les deux saisons montre des différences non significatives, sauf pour les sujets âgés ($p < 0.05$). De plus, l'albuminémie durant la saison sèche est supérieure à celle de la saison humide comme il est décrit par Olayemi (2001).

Cette augmentation pourrait être due à l'élévation de la température (Olayemi, 2001)

L'effet du sexe :

On a une différence significative entre les mâles et les femelles pendant la saison humide ($p < 0.05$). La diminution de l'albuminémie chez la femelle; qui est dans les normes, pourrait être due à une diminution de la synthèse d'albumine par le foie suite à une sous nutrition protéique (Chachoua, 2005).

En ce qui concerne les autres facteurs, la comparaison des moyennes suggère des effets non significatifs.

II.4. La créatinémie :

La créatinine dans l'organisme provient de la déshydratation de la créatine ou la créatine phosphate dont l'origine est les muscles. Elle est pratiquement indépendante de l'apport protéique alimentaire (Meziane, 2001; Marini, Klein, Sands et Van Amburgh, 2004; Turner et al., 2005). Elle est éliminée exclusivement par les reins, ce qui en fait un très bon marqueur de la fonction rénale (Valtonen, Uusi-Rauva et Eriksson, 1982) et la production des muscles.

Les valeurs obtenues sont comprises dans l'intervalle des normes internationales cités par les nombreux auteurs (voir tableau n° 23).

Tableau n°23 : Les variations saisonnières de la créatinine (g/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Sylvie et al., (1981) (1). Ridoux, (1982) (2). Mollereau et al., (1995) (3). Merck, (2002) (4).
Age			7.90 ± 2 : (1). 1.94 – 21.5 : (2). 1.98 – 21.45 :(3). 6.80 – 14.58 :(4).
Jeunes	8.16 ± 0.69 ^{b**}	9.06 ± 2.57	
Adultes	9.96 ± 0.65 ^{c**}	9.28 ± 1.99	
Agés	10.20 ± 2.08	9.80 ± 1.53	
Sexe			
Mâles	10.55 ± 2.18	10.32 ± 2.57	
Femelles	9.39 ± 1.67	9.27 ± 1.42	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	10.10 ± 1.13	9.40 ± 1.12	
Femelles gestantes	10.10 ± 1.45	12.15 ± 0.35 ^{e***}	
Femelles allaitantes	8.94 ± 1.90	9.33 ± 1.62	
Race			
Race Alpine	9.91 ± 1.99	10.65 ± 1.32	
Race Cherkia	9.51 ± 1.96	9.03 ± 2.22	
Race Arbia	9.08 ± 2.15	9.13 ± 2.00	
Race Kabyle	10.36 ± 1.38	9.63 ± 1.02	

L'effet de l'âge :

L'analyse statistique montre des différences significatives ($p < 0.01$) entre les jeunes et les sujets âgés, les adultes et les sujets âgés pendant la saison humide.

Alors, les sujets âgés ont une créatinémie relativement élevée, cela est logique puisque la créatinémie augmente pratiquement avec l'âge (Haddad, 1981; Meziane, 2001).

L'effet de l'état physiologique :

On a une différence hautement significative entre les femelles vides-taries et les femelles gestantes pendant la saison humide ($p < 0.001$). L'augmentation de la créatinémie chez la femelle gestante est également soulignée par El-sherif et Assad (2001) et Meziane (2001). Elle pourrait être due à l'activité intense de la thyroïde pendant la période de gestation (Roy et Saigal, 1987 cités par El-sherif et Assad, 2001) ou, à un déficit protéique (Valtonen et al., 1982).

Chapitre III :

Les paramètres plasmatiques du métabolisme minéral

III.1. Les macro-éléments plasmatiques

III.1.1. LA CALCEMIE

Tableau n°24: Les variations saisonnières du Ca (mg/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Oduye et Adadevoh, (1976) (1). Castro et al., (1977b) (2). Ridoux, (1981) (3). Sylvie et al., (1982) (4). Mollereau et al., (1995) (5). Nazifi et al. (1999) (6). Merck, (2002) (7). Daramola et al., (2005) (8)
Age			
<i>Jeunes</i>	86.55 ± 2.44	81.39 ± 6.80 ^{a*}	
<i>Adultes</i>	85.12 ± 2.33 *	89.07 ± 3.42 ^{c**}	95.7 ± 15.1 : (1).
<i>Agés</i>	80.31 ± 4.52 ^{b***}	82.46 ± 4.27	196 ± 12 : (2).
Sexe			88 – 122 : (3).
<i>Mâles</i>	85.02 ± 3.44	87.54 ± 4.42	95,8 ± 8.7 : (4).
<i>Femelles</i>	81.74 ± 4.82 ^{d*}	82.40 ± 5.06	88 – 120 : (5).
Etat physiologique			98.4 ± 4 : (6).
<i>Femelles vides-taries</i>	83.26 ± 4.10	82.45 ± 4.51	90 – 116 : (7).
<i>Femelles gestantes</i>	80.02 ± 4.84 **	90.71 ± 2.72	46 – 96 : (8).
<i>Femelles allaitantes</i>	77.67 ± 3.20 ^{f*}	83.64 ± 1.64 ^{f*}	64 ± 4 : (8).
Race			
<i>Race Alpine</i>	82.12 ± 5.00	82.82 ± 4.66	
<i>Race Cherkia</i>	82.55 ± 5.77	83.98 ± 6.72	
<i>Race Arbia</i>	81.71 ± 4.27	83.98 ± 4.27	
<i>Race Kabyle</i>	84.01 ± 3.66	84.01 ± 5.88	

Ridoux, (1981) cité par Sylvie et al., (1982).

Les valeurs obtenues sont inférieures à celles trouvées par les normes physiologiques cités par les différents auteurs, cependant, elles sont dans la fourchette des normes cités par Daramola et al., (2005).

De plus, ces valeurs restent toujours au dessus de la valeur marginale estimée à 52mg/l chez la vache laitière (Underwood et Suttle, 1999) cités par Chatterjee, Pourouchottamane, Sarkar et Bhattacharya, (2004).

Cette hypocalcémie pourrait être due à la privation d'eau (Yagil et Etzion, 1980; Yagil et al., 1986), cités par Bengoumi, Davicco, Coxam, De La Farge et Barlet, (1996) et Bengoumi et Faye, (2002) où, à la perturbation du métabolisme protéique (Meziane, 2001; Marx, 2002; Mbuh et Mbwaye, 2005).

L'effet de la saison :

L'analyse statistique des données révèle une augmentation non significative de la calcémie durant la saison sèche, sauf pour les adultes et les femelles gestantes; où les différences deviennent significatives ($p < 0.05$, $p < 0.01$), avec une augmentation comprise dans l'intervalle des normes décrit par Mollereau et al., (1995) et Daramola et al., (2005).

Ce cas a été également observé par [Earle et Cabell, 1952] cité par Medouer (1982); Fellah, (1982); Gromadzka-Ostrowska, Lehman-Kryszak, Zalewska, Jakubov et Gozinski, (1986) et Olayemi, Oke, Oyewale et Ogunsanmi, (2001). Cependant Hidirolou (1983) suggère que la calcémie n'est pas affectée par la saison.

L'accroissement de la teneur en Ca pourrait être due au soleil (Kolb, 1970; Medouer, 1982). Il est largement reconnu que les rayons solaires (particulièrement les UV) ont l'avantage d'augmenter la synthèse de la Vit D₃ au niveau de la peau (Gueguen et Barlet, 1978), qui à son tour hydroxylée dans le foie et les reins en 1,25 (OH) D₃. Ce dernier favorise l'absorption intestinale du Ca, et aussi leur mobilisation osseuse, ce qui entraîne par conséquence l'augmentation de la calcémie (Jean-Blain, 2002).

L'effet d'âge :

L'étude comparative des moyennes fait ressortir quelques constations :

- une différence significative ($p < 0.001$) entre les jeunes et les sujets âgés pendant la saison humide. Ce résultat est en accord avec Ahmed, Khalid et Barri, (2000) chez la chèvre Nubienne, McAdam et O'Dell, (1982); Otto et al., (2000) et Antunović et al., (2004). L'élévation de la calcémie chez les jeunes s'expliquerait par les besoins accrus en cet élément pour la minéralisation du squelette pendant la croissance.
- une différence significative ($p < 0.05$) entre les jeunes et les adultes dans la saison sèche. La réduction de la concentration sérique du Ca chez les jeunes en saison sèche pourrait être expliqué par l'anorexie ou à la privation d'eau comme suggéré précédemment. Cependant dans le cas de nos animaux, l'eau est mise à volonté.
- une différence significative ($p < 0.01$) entre les adultes et les sujets âgés durant la saison sèche, à été mis en évidence par (Earle et Cabell, 1952), cités par Medouer (1982) ;

Fellah, (1982) et Ahmed et al., (2000). La diminution significative de la calcémie chez les âgés pourrait être due à la diminution ou la perte de la capacité d'absorption intestinale du Ca, et la diminution de la mobilisation osseuse (la perte de masse osseuse) (Gueguen et Pointillart, 2000).

L'effet du sexe :

Dans notre travail, on observe une différence significative entre les mâles et les femelles ($p < 0.01$) pendant la saison humide. Les résultats obtenus par (Earle et Cabell, 1952), cités par Medouer, (1982) complètent nos observations, contrairement à ce qui a été écrit chez la chèvre Nigérienne (Oduye et Adadevoh, 1976) et la vache (Oyewale et al., 1998; Otto et al., 2000).

La diminution de la calcémie chez les femelles s'expliquerait probablement par les pertes du Ca au cours des différents stades reproductifs (Liesegang, Risteli et Wanner, 2005).

L'effet de l'état physiologique :

- Nous avons remarqué une différence significative ($p < 0.05$) entre les femelles vides-taries et les femelles allaitantes pendant les deux saisons. L'hypocalcémie chez femelles allaitantes pourrait être expliquée par l'exportation accrue du Ca par le lait qui est estimé en moyenne de 1.26 g de Ca /l chez la chèvre (Meschy, 2002), surtout en début de lactation. Dans ce cas, les résultats sont similaires à ceux obtenus par Ahmed et al., (2000). Par contre, l'élévation chez les femelles vides-taries pourrait être due à la reconstitution des réserves corporelles chez la chèvre pendant le tarissement.
- Une différence significative ($p < 0.05$) entre les gestantes et les allaitantes pendant la saison sèche. La calcémie beaucoup plus élevée chez les femelles gestantes par rapport aux femelles allaitantes est en relation avec les données de (Sykes et Field 1984; Alonso et al., 1997), cités par Antunović et al., (2002). Elle pourrait être due aux besoins intenses en Ca pour le passage vers le ou les fœtus pour la minéralisation osseuses du squelette (El-Deen, 1985, cité par Azab et Abdel-Maksoud, 1999). De plus, les valeurs de la calcémie chez les femelles gestantes et allaitantes pendant la saison sèche sont beaucoup plus élevées que dans la saison humide, est en accord avec les travaux réalisés sur les brebis (Antunović et al., 2002).
- Des différences non significatives entre les femelles vides-taries et les gestantes : la diminution de la calcémie chez les gestantes est rapportée aussi par Braithwaite, Glascock et Riazuddin, (1970), Mbassa et Poulsen (1991a); Azab et Abdel-Maksoud, (1999); Antunović et al., (2004).

L'effet de la race :

Il n'y a aucun effet significatif, contrairement à ce qui est rapporté par Mbassa et Poulsen (1991a) chez les caprins et Castillo-Martinez, Gut'erreiz-Ornelas, Olivares-Saenz, Bernal-

Barragan, De-Luna-Villarreal et Romero-Treviño, (2000) chez les vaches. De plus, Park et Chukwu (1988) relèvent une calcémie très élevée chez l'Alpine et la Nubienne.

III.1.2. La phosphatémie

Tableau n°25: Les variations saisonnières du P (mg/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Castro et <u>al.</u> , (1977b) (1). Ridoux, (1981) (2). Sylvie et <u>al.</u> , (1982) (3). Mollereau et <u>al.</u> , (1995) (4). Nazifi et <u>al.</u> (1999) (5). Merck, (2002) (6). Daramola et <u>al.</u> , (2005) (7).
<i>Age</i>			148.8 ± 27.9 : (1). 49.5 – 136.2 : (2). 55.7 ± 22.3 : (3). 46.5 – 139.5 : (4). 36.3 ± 4.5 : (5). 37 – 97 : (6). 17.98 – 139.5 : (7). 74.4 ± 6.2 : (7).
<i>Jeunes</i>	60.13 ± 9.15	62.46 ± 7.38	
<i>Adultes</i>	60.26 ± 6.04	64.23 ± 4.41	
<i>Agés</i>	61.76 ± 12.78	62.42 ± 8.14	
<i>Sexe</i>			
<i>Mâles</i>	61.39 ± 8.92	66.71 ± 6.59	
<i>Femelles</i>	61.02 ± 11.59	61.47 ± 6.96	
<i>Etat physiologique</i>			
<i>Femelles vides-taries</i>	65.11 ± 17.59	61.19 ± 8.14	
<i>Femelles gestantes</i>	58.18 ± 7.73	56.50 ± 3.13	
<i>Femelles allaitantes</i>	60.41 ± 14.62	62.34 ± 1.08	
<i>Race</i>			
<i>Race Alpine</i>	67.41 ± 11.05	59.77 ± 7.58	
<i>Race Cherkia</i>	62.53 ± 10.16	62.49 ± 7.66	
<i>Race Arbia</i>	56.04 ± 13.02	63.99 ± 9.30	
<i>Race Kabyle</i>	57.79 ± 7.34*	65.26 ± 2.57	

Les valeurs de la phosphatémie dans toutes les catégories d'animaux reste dans la fourchette des normes physiologiques cités par les différents auteurs [Ridoux, (1981); Sylvie et al., (1982); Mollereau et al., (1995); Nazifi et al. (1999); Merck, (2002) et Daramola et al., (2005)]. Elles sont par contre très basse que celle de Castro, Dhindsa, Hoversland, Malkus et Metcalfe, (1977b) chez la chèvre de Pygmy.

L'effet de la saison :

En ce qui concerne la saison, Gromadzka-Ostrowska et al., (1986) n'ont pas constaté son effet sur la phosphatémie.

Durant la saison sèche, la phosphatémie présente une augmentation légère, mais toujours dans les normes. Cette élévation pourrait être due au soleil (Medouer, 1982), où à la richesse des aliments en P.

Cet effet est très évident chez les sujets de la race Kabyle où la phosphatémie est significativement élevée ($p < 0.05$).

L'effet de l'âge :

D'après Medouer (1982), la phosphatémie est un paramètre largement toléré par l'âge, élevé chez les jeunes et faible chez les sujets âgés (Bradford et Van Saun, 2001; Jean-Blain, 2002), à l'opposé de ce qu'on observe dans notre étude et qu'est en accord avec le travail de Ahmed et al., (2000).

L'effet du sexe et de la race:

La comparaison des moyennes montre des différences non significatives pour les deux catégories. En ce qui concerne le sexe, les mâles ont une phosphatémie relativement élevée dans la saison sèche, ce qui est observé aussi chez la vache d'Angoni (Otto et al., 2000).

L'effet de l'état physiologique :

On n'observe aucune différence significative entre les différents stades physiologiques. Cela est en accord avec les résultats obtenus par Azab et Abdel-Maksoud, (1999).

Ainsi, Kamel (1988) cité par Azab et Abdel-Maksoud, (1999); Antunović et al., (2004), remarquant l'accroissement de la phosphatémie chez la chèvre vide par rapport à la gestante (57.5 mg/l contre 53.5 mg/l), la même donnée est signalée chez la vache (Meziane, 2001). Cette variation est nettement évidente pendant les deux saisons dans notre étude.

Pour les femelles allaitantes, la phosphatémie diminue au début de lactation suite à la sécrétion du P par le lait, puis augmente progressivement (Akinsoyinu, 1982).

III.1.3. Le rapport phosphocalcique

Tableau n°26: Les variations saisonnières du Ca/P.

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles : Castro et <u>al.</u> , (1977b) (1). Ridoux, (1981) (2). Sylvie et <u>al.</u> , (1982) (3). Mollereau et <u>al.</u> , (1995) (4). Nazifi et <u>al.</u> (1999) (5). Merck, (2002) (6). Daramola et <u>al.</u> , (2005) (7).
			1.31: (1). 1.79 - 0.98 : (2). 1.71 : (3). 1.89 - 0.86 : (4). 2.71 ± 0.88 : (5). 2.43 - 1.19 : (6). 2.55 - 0.68 : (7). 0.86 ± 0.64 : (7).
<i>Age</i>			
<i>Jeunes</i>	1.46 ± 0.19	1.31 ± 0.16	
<i>Adultes</i>	1.42 ± 0.15	1.39 ± 0.14	
<i>Agés</i>	1.35 ± 0.29	1.33 ± 0.15	
<i>Sexe</i>			
<i>Mâles</i>	1.41 ± 0.20	1.32 ± 0.15	
<i>Femelles</i>	1.38 ± 0.26	1.35 ± 0.15	
<i>Etat physiologique</i>			
<i>Femelles vides-taries</i>	1.44 ± 0.15	1.36 ± 0.16	
<i>Femelles gestantes</i>	1.29 ± 0.37	1.61 ± 0.04 ^{e***}	
<i>Femelles allaitantes</i>	1.35 ± 0.35	1.34 ± 0.01 ^{g**}	
<i>Race</i>			
<i>Race Alpine</i>	1.25 ± 0.23	1.39 ± 0.12	
<i>Race Cherkia</i>	1.35 ± 0.23	1.35 ± 0.17	
<i>Race Arbia</i>	1.51 ± 0.30	1.33 ± 0.19	
<i>Race Kabyle</i>	1.47 ± 0.18	1.29 ± 0.11	

Selon les références bibliographiques cités par Castro et al. (1977b); Ridoux, (1981); Sylvie et al., (1982); Mollereau et al., (1995); Nazifi et al., (1999); Merck, (2002) et Daramola et al., (2005), le rapport phosphocalcique est normal.

La diminution non signifiante du rapport phosphocalcique pendant la saison sèche pourrait être due d'une part à la diminution du Ca dont les causes ont déjà été définie dans les variations de la calcémie, où, à l'excès du P (ration riche en P, et/ou soleil) (Medouer,1982).

L'effet de l'état physiologique :

La comparaison des moyennes montre des différences non significatives sauf pour les femelles gestantes versus allaitantes ($p < 0.01$) et les femelles vides-taries versus gestantes ($p < 0.001$) en saison sèche. La diminution de rapport Ca:P durant la lactation s'accompagnerait toujours l'exportation accrue de ces éléments par le lait. Or, chez les femelles gestantes, le

rapport devient important suite à l'augmentation de la teneur du Ca qui pourrait expliquer par l'influx accrue de cet élément vers le comportement foetal pour la minéralisation du squelette (Liensegang et al., 2005).

III.1.4. La magniesemie

Tableau n° 27: Les variations saisonnières du Mg (mg/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Castro et al., (1977b) (1). Ridoux, (1981) (2). Sylvie et al., (1982) (3). Mollereau et al., (1995) (4). Nazifi et al., (1999) (5). Merck, (2002) (6).
Age			17 - 38.88 : (1). 49.5 - 136.2 : (2). 25 ± 0.36 : (3). 17.01 - 38.88 : (4). 29.88 ± 6.2 : (5). 21 - 29 : (6).
Jeunes	23.36 ± 2.41	23.19 ± 1.21 a*	
Adultes	22.00 ± 1.86 *	25.24 ± 1.67	
Agés	21.33 ± 1.88 ***	24.21 ± 1.93	
Sexe			
Mâles	22.89 ± 2.21	23.98 ± 0.76	
Femelles	21.60 ± 2.04 ***	24.34 ± 2.09	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	20.65 ± 1.32 ***	24.60 ± 1.63	
Femelles gestantes	22.14 ± 1.61	26.01 ± 2.59	
Femelles allaitantes	20.44 ± 1.66	23.92 ± 3.58	
Race			
Race Alpine	22.52 ± 2.22	24.74 ± 2.11	
Race Cherkia	22.20 ± 2.22	24.04 ± 2.23	
Race Arbia	20.78 ± 1.45 **	24.04 ± 1.64	
Race Kabylie	22.11 ± 2.49	24.28 ± 1.41	

Les valeurs de la magniesémie reste toujours dans l'intervalle des normes physiologiques décrit par les différents auteurs (voir tableau n° 27).

L'effet de la saison :

Il apparut que la magniesémie est fortement affectée par la saison. Dans ce cadre, on détecte des différences significatives : $p < 0.05$ pour les adultes; $p < 0.001$ pour les sujets âgés, les mâles et les femelles vides-taries et $p < 0.01$ pour la race Arbia.

La magniesémie augmenterait mais reste toujours dans les normes pendant la saison sèche suite à la consommation des aliments secs (teneur élevée en cellulose, et Mg) par ces animaux.

La teneur élevée en Na dans la ration ou l'eau pourrait aussi faire croître cette magnésémie par l'augmentation de l'absorption du Mg à travers la muqueuse ruminale (Due et Care, 1995; Martens et Schweigel, 2000).

Par contre, la diminution pendant la saison humide revient essentiellement à l'utilisation des herbes jeunes verts (luzerne...) pauvres en cet élément (Wilkinson, Stuedemann, Grunes et Devine, 1987; Akingbade, Nsahlai, Morris et Iji, 2002; Odette, 2005).

L'effet de l'âge :

- Une différence significative ($p < 0.05$) mais toujours dans les normes entre les jeunes et adultes pendant la saison sèche, pourrait être expliquée par le stress thermique. Les nuits froides dans les zones arides peuvent provoquer une lipomobilisation chez les jeunes (très sensibles), qui par conséquent entraîne une diminution de la magnésémie (Fontenot et al., 1989; Marx, 2002). Cette diminution est soulignée aussi par McAdam et O'Dell (1982).
- La diminution non significative de la magnésémie chez les sujets âgés pendant la saison humide, pourrait être due d'une part à la diminution de l'absorption intestinale du Mg, surtout après l'âge de 5 ans (Payne, 1983; Meziane, 2001; Marx, 2002), et d'autre part, à la faiblesse des réserves osseuses en Mg (Hankins, Snyder, Hauth, Gilstrap, Wians et Van Dellen, 1990; Marx, 2002).

L'effet de l'état physiologique :

La comparaison entre les moyennes reflète des différences non significatives au cours des différents stades physiologiques de la femelle.

- Vihan et Rai, (1987) cité par Azab et Abdel-Maksoud, (1999), ne constatent pas des différences significatives entre le partum et le post-partum chez la chèvre, cela argumente nos résultats.
- La fuite du Mg par le lait qui induirait sa diminution plasmatique chez la chèvre allaitante, est notée dans les travaux de Akinsoyinu, (1982); Mbassa et Poulsen (1991a); et Ahmed et al., (2000).

En ce qui concerne l'effet du sexe et de la race, la comparaison ressort des différences non significatives.

III.1.5. La natrémie

Tableau n°28: Les variations saisonnières du Na (mEq/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles :
			Oduye et Adadevoh, (1976) (1). Castro et al., (1977b) (2). Ruckebusch, (1981) (3) Sylvie et al., (1982) (4). Mollereau et al., (1995) (5). Nazifi et al., (1999) (6). Merck, (2002) (7). Tambuwal et al., (2002) (8). Obied et al., (2003) (9). Daramola et al., (2005) (10).
Age			138.76 ±9.71 : (1). 147 ± 6.0 : (2). 136 – 145 : (3). 147 ± 3.52 : (4). 141 – 157 : (5). 135.2 ± 3.21 : (6). 136.5 – 151.5 : (7). 138.0 ± 0.6 : (8). 138.82 ± 4.98 : (9). 124 –146 : (10). 135.1 ± 1.7 : (10).
Jeunes	141.16 ± 4.07	145.60 ± 4.66	
Adultes	137.00 ± 3.00 *	144.00 ± 5.51	
Agés	140.50 ± 5.15	143.00 ± 4.87	
Sexe			
Mâles	142.00 ± 6.48	145.42 ± 5.12	
Femelles	139.30 ± 3.86**	143.20 ± 4.84	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	136.00 ± 5.59 *	144.46 ± 4.05 e***	
Femelles gestantes	142.00 ± 1.73 *	137.50 ± 0.70	
Femelles allaitantes	139.14 ± 3.53	140.66 ± 6.50	
Race			
Race Alpine	142.50 ± 2.73 j*	144.00 ± 3.68	
Race Cherkia	140.44 ± 4.33 **	140.33 ± 5.24	
Race Arbia	139.66 ± 6.15	145.33 ± 4.36	
Race Kabyle	137.16 ± 4.66 **	147.16 ± 3.31	

Les valeurs de la natrémie dans toutes les catégories d'animaux restent dans la fourchette des normes internationales comme il est indiqué par les différents auteurs (voir tableau n° 28).

L'effet de la saison :

Olayemi et al., (2001) notent que la natrémie est affectée par ce facteur, ceci est évident dans notre étude, où, on observe des différences significatives : $p < 0.05$ pour les adultes, les femelles vides-taries et les gestantes, $p < 0.01$ pour les femelles, les sujets de la race Cherkia et ceux de la race Kabyle.

Cette élévation pendant la saison sèche pourrait être due suite :

- soit à la privation d'eau (Bengoumi et Faye, 2002), ou la déshydratation (Wittenberg, Choshniak, Shkolnik, Thureau et Rosenfeld, 1986) malgré la présence d'eau, l'animal préfère la consommation d'eau fraîche (Olsson et Hydbrijn, 1996 cités par Olsson, Benlamlih, Hossaini-Hilali et Dahlborn, 1997).
- soit à l'intoxication par le sel; la présence du sel dans l'aliment le rend très appréciable (Chatterjee et al., 2004) et les caprins peuvent absorber jusqu'à 3 g/jour (Gilbert, 2001). Cette hypothèse est exclue, car les animaux sont cliniquement sains et ne présentent aucun signe clinique d'intoxication.
- La richesse des aliments en Na (Ben Salem, 2000), la salinité du sol, ou l'eau et donc de la plante (caractère de la région, salinité 5-6 g/l, Fantazi, 2004).

L'effet de l'âge :

Dans ce travail, la natrémie paraît non affectée par l'âge suite à l'absence des effets significatifs. D'après Haddad (1981); (Toel et al., 1960 cités par Ahmed et al., 2000); Ahmed et al. (2000) et Daramola et al., (2005) la natrémie diminue avec l'âge, ceci est très net dans notre étude pendant la saison sèche.

Ainsi, l'utilisation accrue du Na (comme tous les autres minéraux) pendant la croissance par les jeunes déterminerait son élévation, alors que la diminution progressive de la concentration extracellulaire avec l'âge interpréterait sa diminution chez les sujets âgés.

L'effet du sexe :

L'étude statistique révèle des effets non significatifs entre les deux sexes, cela est en accord avec les données de Mbassa et Poulsen (1991); Oyewale et al., (1998); Otto et al., (2001) et Daramola et al., (2005).

L'effet de l'état physiologique :

Nous avons remarqué une différence hautement significative mais toujours dans les normes entre les femelles vides-taries et les femelles gestantes pendant la saison sèche ($p < 0.001$). La diminution de la natrémie chez les femelles gestantes pourrait être due à l'accroissement des demandes en Na pour la satisfaction des besoins fœtaux. Donc, il y a une corrélation négative entre la gestation et la teneur de la natrémie chez la vache (Murtuza et al., 1979, cité par Azab et Abdel-Maksoud, 1999). Dans notre étude, les résultats sont similaires à ceux obtenus par (Dekka et Abdellal, 1992) cités par Azab et Abdel-Maksoud, (1999) et Meziane (2001).

Durant la lactation, la natrémie est basse en relation avec la sécrétion du Na par le lait (Akinsoyinu, 1982; Meziane 2001).

L'effet de la race :

L'effet de la race est négligeable puisque il n'y a pas de différence significative entre les animaux, sauf pour la race alpine versus kabyle ($p < 0.05$), cependant cette valeur reste toujours

dans les normes. cela pourrait etre lie a l'inadaptation, a la zone desertique, de la chevre alpine surtout en saison seche suite a l'elevation de la temperature.

III.1.6. La kaliemie

Tableau n°29: Les variations saisonnières du K (mEq/l).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles : Oduye et Adadevoh, (1976) (1). Castro et al., (1977b) (2). Sylvie et al., (1982) (3). Mollereau et al., (1995) (4). Nazifi et al., (1999) (5). Merck, (2002) (6). Tambuwal et al., (2002) (7). Daramola et al., (2005) (8).
Age			4.44 ± 0.49 : (1). 5.6 ± 1.0 : (2). 3.6 ± 0.18 : (3). 2.4 – 4 : (4). 4.27 ± 0.04 : (5). 3.7 – 9.7: (6). 5.3 ± 1.8 : (7). 3.0 – 6.0 : (8). 4.8 ± 0.1 : (8).
Jeunes	5.16 ± 0.90	5.20 ± 0.29	
Adultes	5.98 ± 0.26 **	4.83 ± 0.60	
Agés	5.88 ± 0.64 ***	4.73 ± 0.72	
Sexe			
Mâles	5.87 ± 0.78	5.44 ± 0.26 ^{d***}	
Femelles	5.70 ± 0.70 ***	4.63 ± 0.6	
Etat physiologique			
Femelles vides-taries	5.50 ± 0.57 **	4.43 ± 0.54 ^{f*}	
Femelles gestantes	6.43 ± 0.40 ^{g*}	5.55 ± 1.06	
Femelles allaitantes	5.65 ± 0.57	5 ± 0.87	
Race			
Race Alpine	5.93 ± 1.10	4.88 ± 0.73	
Race Cherkia	5.82 ± 0.45 **	5.10 ± 0.32 ^{i**}	
Race Arbia	5.43 ± 0.73	5.10 ± 0.46 ^{m*}	
Race Kabyle	5.75 ± 0.61 **	4.16 ± 0.69	

Les valeurs de la kaliémie sont dans l'intervalle des normes internationales cités par Oduye et Adadevoh, (1976); Castro et al., (1977b); Nazifi et al., (1999) et Merck, (2002). Par contre, elles sont supérieures à celles données par Sylvie et al., (1982) et Mollereau et al., (1995).

L'effet de la saison :

Le taux du K sérique est altéré par la saison, où, on observe des valeurs inférieures pendant la saison sèche, avec des différences significatives : $p < 0.01$ pour les adultes, les femelles vides-taries, les sujets de la race Cherkia et Kabyle; et $p < 0.001$ pour les sujets âgés et les femelles.

Cette diminution est remarquée par Meziane (2001) et Antunovic et al., (2002) chez la brebis. Cependant, Olayemi et al., (2001) constate que les teneurs de la kaliémie restent stables durant les deux saisons. Elle pourrait être due à la déshydratation par la diminution de la volémie et l'augmentation de l'osmolarité (Wittenberg et al., 1986), ou à la polypnée (Meziane, 2001).

L'effet de l'âge et du sexe :

L'étude statistique révèle des différences non significatives entre les différentes classes d'âge. Alors que Ahmed et al., (2000) trouvent que la Kaliémie est affectée par ce facteur.

D'après Mbassa et Poulsen (1991); Oyewale et al., (1998) et Daramola et al., (2005), la kaliémie n'est pas influencée par le sexe. Par contre, nous trouvons dans notre étude une différence hautement significative entre les deux sexes pendant la saison sèche, ceci est en accord avec le travail d'Otto et al., (2000).

L'effet de l'état physiologique :

Nous avons remarqué une kaliémie beaucoup plus élevée chez les femelles gestantes (6.43 ± 0.40) que chez les femelles allaitantes (5.65 ± 0.57) avec une différence significative ($p < 0.05$). L'augmentation de la kaliémie pendant la gestation est également rapportée par Azab et Abdel-Maksoud, (1999), Meziane (2001) et Antunović et al. (2002) chez la brebis, et par (Murtuza et al., 1979), cités par Azab et Abdel-Maksoud, (1999) chez la vache.

Cette augmentation s'expliquerait par la rétention du K chez les femelles gestantes suite à l'action antiminéralocorticoïde exercée par la progestérone durant la gestation (Jankowiak et Seralo, 2002), qui réduit la perte urinaire du K. Cependant Otto et al., (2001), et Antunović et al., (2004) trouvent une Kaliémie faible chez les gestantes.

De plus, on observe une différence significative entre les femelles tarées et allaitantes ($p < 0.05$). La diminution de la kaliémie pendant la lactation signalé aussi par Ahmed et al., (2000) chez la chèvre et Meziane (2001) chez la brebis, est en corrélation négative avec la sécrétion lactée. Cette diminution est relativement significative lors de la sécrétion de colostrum (Azab et Abdel-Maksoud, 1999).

L'effet de la race :

La comparaison des moyennes permet de trouver des différences significatives entre les sujets de la race Cherkia et Kabyle ($p < 0.01$), et la race Arbia versus Kabyle ($p < 0.05$). D'après ces résultats, nous pouvons conclure que la race Kabyle est plus sensible à cet environnement (climat chaud, où, à la perte excessive du K par la polypnée).

III.2. Les oligo-éléments plasmatiques

III.2. Le fer

Tableau n°30: Les variations saisonnières du Fe ($\mu\text{g}/100\text{ml}$).

Animaux	Saison humide (moyenne ± std)	Saison sèche (moyenne ± std)	Les valeurs usuelles : Obied et al., (2003) (1). Swarup et al., (2005) (2).
<i>Age</i>			149 ± 13.99 : (1). 160 ± 4.38: (2).
<i>Jeunes</i>	71.51 ± 33.92	64.39 ± 21.65	
<i>Adultes</i>	65.60 ± 23.35	80.59 ± 23.11	
<i>Agés</i>	84.33 ± 30.37	66.83 ± 19.37	
<i>Sexe</i>			
<i>Mâles</i>	85.07 ± 45.37	80.47 ± 22.78	
<i>Femelles</i>	75.55 ± 23.64	65.58 ± 19.05	
<i>Etat physiologique</i>			
<i>Femelles vides-taries</i>	76.18 ± 22.74	66.04 ± 18.70	
<i>Femelles gestantes</i>	91.11 ± 24.39	94.91 ± 20.96 ^{e***}	
<i>Femelles allaitantes</i>	67.46 ± 18.84	57.99 ± 22.83	
<i>Race</i>			
<i>Race Alpine</i>	77.15 ± 28.02	74.22 ± 19.07	
<i>Race Cherkia</i>	77.60 ± 36.46	66.42 ± 22.55	
<i>Race Arbia</i>	88.50 ± 30.42	67.98 ± 15.11	
<i>Race Kabyle</i>	69.03 ± 24.89	70.65 ± 27.89	

Nos résultats comparativement avec les normes bibliographiques cités par les différents auteurs (Swarup, Patra, Naresh, Kumar, Shekhar et Balagangatharathilagar, 2005; Obied, Mohamoud et Mohamed, 2003) sont plus basses. Cette diminution pourrait être expliquée par le faible apport en fer par les aliments. Lynch et al. (1983) cité par Meziane (2001) note que la ration à faible teneur protéique (7%) entraîne également une diminution de la teneur plasmatique en fer et en cuivre.

Cependant, il n'y a pas des différences significatives entre nos animaux, sauf entre les femelles vides-taries et les femelles gestantes ($p < 0.001$) pendant la saison sèche, où, on observe une sidérémie élevée, mais toujours au dessous des normes, chez les gestantes qui pourrait être expliquer par l'augmentation des besoins du fœtus en cet élément dont l'origine est maternel.

Pour les variations, ils ont une allure physiologique, c'est à dire : la sidérémie augmente pendant la gestation, puis diminue au début de lactation. Elle est aussi abaisse avec l'âge. En ce qui concerne l'effet de la race, les résultats obtenus sont similaire à ceux de Ndoutamia et Ganda

(2005). La saison n'agit pas sur la sidérémie comme il est indiqué par Hidirolou (1983), il y a une controverse avec le travail de Gromazka-Ostrowska et al., (1986).

Conclusion générale

L'étude réalisée a pour but de mettre en évidence les valeurs usuelles de certains paramètres sanguins (le profil biochimique) chez les caprins en Sud Algérien, dont l'intérêt est l'évaluation de l'état nutritionnel et/ou métabolique de l'animal.

Tableau n°31 : L'affectation des paramètres sanguins par l'âge, le sexe, et la saison.

<i>Facteur Paramètres</i>	Saison	Age	Sexe
<i>Glucose</i>	↘		
<i>Cholestérol</i>		↘	
<i>Triglycéride</i>			
<i>Urée</i>	↗	↗	
<i>Protéines totales</i>			↗
<i>Albumine</i>			↘
<i>Créatinine</i>		↗	
<i>Ca</i>	↘	↘	
<i>P</i>			
<i>Ca/P</i>			
<i>Mg</i>	↘	↘	
<i>K</i>	↘		
<i>Na</i>	↗	↘	
<i>Fe</i>			

Diminution : ↘

Augmentation : ↗

Nous constatons que, l'âge a un effet positif du point de vue statistique sur l'urémie et la créatinémie (augmentation chez les âgés), et un effet relativement négatif sur la cholestérolémie, la calcémie, la magnésémie et la natrémie (diminution chez les âgés).

L'effet du sexe sur ces paramètres est négligeable sauf pour la protéinémie, où elle est élevée chez le mâle, et l'albuminémie qu'est faible chez la femelle.

L'influence de la saison est notable surtout sur les paramètres du métabolisme minéral, d'une part (liée à la salinité de la région), d'autre part au climat chaud surtout en saison sèche. Donc la calcémie, la magnésémie et la kaliémie sont diminuées pendant la période sèche, par contre, la natrémie et l'urémie sont élevées.

Tableau n°32 : l'effet de l'état physiologique sur les paramètres sanguins

<i>Facteur Paramètres</i>	Femelles vides-taries	Femelles gestantes	Femelles allaitantes
<i>Glucose</i>			↘
<i>Cholestérol</i>		↗	↗
<i>Triglycéride</i>		↗	↗
<i>Urée</i>	↗		
<i>Protéines totales</i>		↗	
<i>Albumine</i>		↗	
<i>Créatinine</i>		↗	
<i>Ca</i>		↗	↘
<i>P</i>			
<i>Ca/P</i>		↗	↘
<i>Mg</i>		↗	↘
<i>K</i>		↗	↘
<i>Na</i>		↗	
<i>Fe</i>		↗	

Diminution : ↘

Augmentation : ↗

Chez la chèvre gestante, on observe que les paramètres étudiés ont des valeurs élevées, cela est en corrélation positive avec les besoins accrus en ces éléments qui sont nécessaires pour le développement et la croissance du ou des fœtus.

Cependant, durant la période de lactation, la chèvre exporte ces éléments nutritifs par le lait, ce qui se traduit sur le plan biochimique par la diminution de la teneur plasmatique en Ca, P, Mg, K, Glucose., alors que la mobilisation des réserves lipidiques, suite à un déficit énergétique, entraîne également une augmentation de la cholestérolémie et la triglycéridémie.

Les références bibliographiques

- 1) **Agabriel J., Doreau M., 2003.** Sécheresse 2003 : conséquences sur les performances des ruminants. Cas particulier des troupeaux allaitants.
www.clermont.inra.fr/urh/secheresse/secheresse.pdf
- 2) **Agouze K. O. A., 2000.** Elaboration d'un modèle informatisé de gestion des pâturages tropicaux. Mémoire de D.E.S. en gestion des animaux en milieu tropical. Uni. de Liege, 43p.
- 3) **Ahmed Muna M.M., Khalid Siham A., Barri M.E.S., 2000.** Macromineral profile in the plasma of Nubian goats as affected by the physiological state. *Small Rumin. Res.*, 38,249-254.
- 4) **Ajala O.O., Oyeyemi M.O., Oke A.O., Alakpa C. O., 2000.** Haematological and biochemical parameters in West African Dwarf (WAD) bucks fed diets containing *Milletia Thoningii*. *African Journal of Biomedical Research*, Vol. 3, N°2, May, 121-124.
- 5) **Akingbade A. A. , Nsahlai I. V. , Morris C. D., Iji P. A. , 2002.** Field activities and blood profile of pregnant South African indigenous goats after receiving dihydroxy pyridone-degrading rumen bacteria and grazing *Leucaena leucocephala*-grass or natural pastures. *The Journal of Agricultural Science*, 138, 103-113.
- 6) **Akinsoyinu A.O., 1982.** Major minerals in blood of West African dwarf goats during lactation. *Dairy Sci.*, 65(5), 874-877.
- 7) **Al-habsi K., Eugene H.J., Kadim I.T., Srikandakumar A., Annamalai K., Al-Busaidy R., Mahgoub O., 2005.** Effects of low concentrations of dietary cobalt on liveweight gains, haematology, serum vitamin B₁₂ and biochemistry of Omani goats. *The Veterinary Journal*, Article in press, 7p.
- 8) **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 Rumin. Res.*, 34,167-173.
- 9) **Andrieu J., Beranger C., Demarquilly C., Dulphy J.P., Gea Y., Hoden A., Jarrige R., Journet M., Lienard G., Petit M., Remond B., Theriez M., Thivend P., 1976.** Alimentation des ruminants en période de pénurie fourragère. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA.*, N°25, 65-89.
- 10) **Antunović Z., Peranda M., Steiner Z., 2004.** The influence of age and the reproductive status to the blood indicators of the ewes. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 47 (3), 265-273.

- 11) **Antunović Z., Sencic D., Speranda M., Liker B., 2002.** Influence of the season and reproductive status of ewes on blood parameters. *Small Rumin. Res.*, 45, 39- 44.
- 12) **Awolaja O.A., Antia R.E., Oyejide A., 1997.** Trace element levels in plasma/serum and erythrocytes of Keteku and white Fulani cattle. *Trop Anim. Health Prod.*, 29 (1), 2-6.
- 13) **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 Rumin. Res.*, 34, 77-85.
- 14) **Babo D., 2000.** Races ovines et caprines françaises. Editions France agricole, 1^e édition, p : 249-302.
- 15) **Barbin G., Charroin T., Chotteau P., Cotto G., Guesdon J-C., Hélaine S., Monniot C., Perrot C., Pothérat C., You G., 2005.** Le dossier économie de l'élevage. 2004 : l'année économique caprine. Institut d'élevage, n°344, 58 p.
- 16) **Barone R., 1984.** Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome 3, Splanchnologie 1 : Appareils digestif et respiratoire, Vigot frères, Paris, 879p.
- 17) **Bauchart D., 1993.** Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 76, 3864-3881.
- 18) **Bauchart D., Durand D., Gruffat-Mouty D., Piot C., Graulet B., Chilliard Y., Hocquette J.F., 1999.** Transport sanguin et métabolisme tissulaire des lipides chez le veau de boucherie. Effets du remplacement du suif par de l'huile de coprah dans l'aliment d'allaitement. *INRA Prod. Anim.*, 12 (4), 273-285.
- 19) **Ben Salem H., Nefzaoui A., Ben Salem L., 2000.** Sheep and goat preferences of Mediterranean fodder shrubs. Relationship with the nutritive characteristics. *CIHEAM-Cahiers Options Méditerranéennes*, Vol. 52, 155-159.
- 20) **Benalia M., 1996.** Contribution à la connaissance de l'élevage caprin : synthèse bibliographique. Thèse Ing. Agr. (Tiaret), 72p.
- 21) **Bengoumi M., Davicco M-J., Coxam V., De La Farge F., Barlet J-P., 1996.** Effect of 1 α -hydroxycholecalciferol on calcium and phosphorus concentration in goat milk. *Small Rumin. Res.*, 21, 45-49.
- 22) **Bengoumi M., Faye B., 2002.** The camel's adaptation to drought conditions. *Science et changements planétaires/sécheresse*, Jui., 13 (2), 121-129.
- 23) **Bennis A., Ouedraogo G., Concordet D., De La Farge F., Valdiguie P., Rico A.G., Braun J.P., 1994.** Effets de l'élevage et de l'alimentation sur les constituants biochimiques plasmatiques de chèvres au Burkina Faso. *Revue Méd. Vét.*, 145(7), 571-575.

- 24) **Bey D., Laloui S., 2005.** Les teneurs en cuivre dans les piols et l'alimentation des chèvres dans la région d'El-Kantra (W. Biskra). Thèse Doc. Vét. (Batna), 60p.
- 25) **Bocquier F., Caja G., Oregui L.M., Ferret A., Molina E., et Barillet F., 2002.** Nutrition et alimentation des brebis laitières. CIHEAM- Options Mediterraneennes. Série B, étude et recherché, n° 42, 37-55.
- 26) **Bocquier F., Leboeuf B., Rouel J., Chilliard Y., 1998.** Effet de l'alimentation et des facteurs d'élevage sur les performances de reproduction de chevrettes Alpines. INRA Prod. Anim., 11 (4), 311-320.
- 27) **Bohatier J., 1991.** The rumen protozoa. In: Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. INRA éditions, p: 27-38.
- 28) **Bordi A., De Rosa G., Napolitano F., Vesce G., Randazzo G., 1994.** Influence of behavioural and physiological variable on natural pasture utilization by grazing goats. CIHEAM - Cahiers Options Mediterraneennes, Vol. 5, 121, 39-43.
- 29) **Bradford B.S., Van Saun R. J., 2001.** Seasonal changes in serum calcium, phosphorus, and vitamin D concentrations in llamas and alpacas. Am.J. Vet. Res., Vol. 62, N° 8, 1187-1193.
- 30) **Braithwaite G. D., Glascock R. F., Riazuddin S.H., 1970.** Calcium metabolism in pregnant ewes. Br. J. Nutr., 24, 661-670.
- 31) **Braun J.P., Bachellerie R., Guelfi J.F., Lebreton P., 2001.** Métabolisme du fer et exploration de ses troubles chez le chien. Revue. Méd. Vét., 152 (7), 515-521.
- 32) **Bravo D., Meschy F., 2003.** Vers une révision des recommandations d'apports en phosphore chez le ruminant. INRA Prod. Anim., 16 (1), 19-26.
- 33) **Bravo D., Sauvant D., Bogaert C., Meschy F., 2003a.** II. Quantitative aspects of phosphorus absorption in ruminants. Reprod. Nutr. Dev., May-Jun, 43 (3), 271-84.
- 34) **Bravo D., Sauvant D., Bogaert C., Meschy F., 2003b.** III. Quantitative aspects of phosphorus excretion in ruminants. Reprod. Nutr. Dev., May-Jun; 43 (3), 285-300.
- 35) **Brisson J., 2003.** Nutrition, alimentation et reproduction. Symposium sur les bovins laitiers, CRAAQ, 66p.
- 36) **Castillo J. D., 2004.** Physiologie rénale. Département de biomédecine vétérinaire, Université de Montréal, faculté de médecine vétérinaire, 62p.
- 37) **Castillo-Martinez E. , Gut´errez-Ornelas E. , Olivares-Saenz H. , Bernal- Barragan C., De-Luna-Villarreal E.M., Romero-Trevi'o M., 2000.** Serum calcium and phosphorus levels throughout the year in six beef cow genotypes grazing semi-arid range at the northeast of Mexico. J. Anim. Sci. Vol. 78, Suppl. 1/J. Dairy Sci. Vol. 83, Suppl. 1/. (Abstract).

- 38) **Castro A., Dhindsa D-S., Hoversland A-S., Malkus H., Metcalfe J., 1977b.** Serum electrolytes in normal pygmy goats. *Am. J. Vet. Res.*, May; 38 (5), 663-664.
- 39) **Castro A., Dhindsa D-S., Hoversland A-S., Malkus H., Metcalfe J., Rosenthal C., 1977a.** Serum biochemistry values in normal pygmy goats. *Am. J. Vet. Res.*, Dec, 38 (12), 2085-2087.
- 40) **Chachoua I., 2005.** Effet du traitement a l'urée des pailles de céréales sur certains paramètres zootechniques et sanguins des ovins. Thèse de Magister INA-El-harrach (Alger), 94p.
- 41) **Chang C.J., Chen C.F., Wu C.P., 1996.** Changes in apparent mammary uptake of blood metabolites during involution in dairy goats. *Small Rumin. Res.*, 24, 49-54.
- 42) **Charlet P., Le Jaowen J-C., 1975.** Les populations caprines du bassin méditerranéen : aptitudes et évolution. *CIHEAM - Options Mediterraneennes*, N° 35, 45-55.
- 43) **Charron G., 1986.** La production laitière. Volume I, les base de la production. Lavoisier TEC et DOC., 347p.
- 44) **Chatelain E., 1987.** Atlas d'anatomie de la chèvre *Capra hircus L.* INRA, Paris, 203 p.
- 45) **Chatterjee A., Pourouchottamane R., Sarkar M., Bhattacharya M., 2004.** Serum macro-mineral profile in female yak grazed on winter pasture. *Indian Journal of Dairy Science*, 56, 117-118.
- 46) **Chilliard Y., Bocquier F., Doreau M., 1998.** Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.*, 38, 131-152.
- 47) **Chorfi Y., Girard V., 2005.** Le profil métabolique chez la chèvre. *CRAAQ*, 4p.
- 48) **Chunleau Y., 1995.** Manuel pratique d'élevage caprin pour la rive sud de la méditerranée. *Technique Vivantes*, 123p.
- 49) **Cronj'e, P.B., 1995.** Differences in glucose response to insulin stimulation and fasting between Angora goats of two different phenotypes. *Small Rumin. Res.*, 16, 121-127.
- 50) **Cuvelier C., Cabaraux J-F., Dufrasne I., Istasse L., Hornick J-L., 2005a.** Production, digestion et absorption des acides gras chez le ruminant. *Ann. Méd. Vét.*, 149, 252-262.
- 51) **Cuvelier C., Cabaraux J-F., Dufrasne I., Istasse L., Hornick J-L., 2005b.** Transport sanguin et métabolisme hépatique des acides gras chez le ruminant. *Ann. Méd. Vét.*, 149, 117-131.
- 52) **Daramola J. O., Adeloye A. A., Fatoba T. A., Soladoye A. O., 2005.** Haematological and biochemical parameters of West African Dwarf goats. *Livestock Research for Rural Development*; 17 (8).

- 53) **Dua K., Care A-D., 1995.** Impaired absorption of magnesium in aetiology of grass tetany. *Br.Vet. J.*, Jul-Aug, 151 (4), 413-26.
- 54) **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 Rumin. Res.*, 40, 269-277.
- 55) **Eugène M., 2002.** Effets de la défaunation de ruminants sur les performances de production, en fonction de la ration ingérée. Etude des variations de la protéosynthèse et de la cellulolyse microbienne ruminale. Thèse de Docteur de l'Institut National Agronomique, INA Paris-grignon, école doctorale Abies, p158.
- 56) **Fantazi K., 2004.** Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie. Cas de la vallée de Oued Righ (Touggourt). Thèse de Magister I.N.A. (Alger), 145 p.
- 57) **Faulconnier Y., Bonnet M., Bocquier F., Leroux C., Hocquette J. F., Martin P., Chilliard Y., 1999.** Régulation du métabolisme lipidique des tissus adipeux et musculaires chez le ruminant. Effets du niveau alimentaire et de la photopériode, *INRA Prod. Anim.*, 12, 287-300.
- 58) **Faverdin P., Verite R., 2004.** Modélisation de la digestion -3R 2003 : Modèle dynamique de simulation des flux d'azote et de l'urémie chez la vache laitière. *ENSAR.*, INRA., 444p.
- 59) **Fellah M., 1982.** Détermination des taux du calcium et du phosphore dans le sérum sanguin et l'urine des vaches laitières dans la région de Batna. Mémoire de Doc. Vet., (Constantine), 105p.
- 60) **Fellah S., 2000.** Changement des propriétés chimiques dans les sols irrigués au Sahar-cas de la région de Sidi-Mehdi Touggourt. Thèse d'ingénieur en agronomie, Uni. de Batna, 78p.
- 61) **Fonteno JP., Allen VG., Bunce GE., Goff JP., 1989.** Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *J.Anim. Sci.*, Dec, 67 (12), 3445-3455.
- 62) **Fonty G., 1991.** The rumen anaerobic fungi. In: *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion*. INRA Editions, p: 53-70.
- 63) **Fonty G., Jouany J-P., Forano E., Gouet Ph., 1995.** L'écosystème microbien du réticulo-rumen. In : *Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion*. Editions INRA., p: 299-348.
- 64) **Gadoud R., Joseph M-M., Jussiau R., Lisberney M-J., Mangeol B., Montméas L., Tarrit A., 1992.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 2, les éditions Foucher, Paris, p : 191-211.

- 65) **Gilbert T., 2002.** L'élevage des chèvres. Editions de Vecchi S.A., Paris, 159p.
- 66) **Gromadzka-Ostrowska J., Lehman-Kryszak M., Zalewska B., Jakubov K., Gozinski H., 1986.** Peripheral plasma levels of certain mineral elements in primitive African goats. Chronobiologia, Jul-Sep, 13 (3), 215-226.
- 67) **Gueguen L., Barlet J.P., 1978.** Besoins nutritionnels en minéraux et vitamines de la brebis et de la chèvre. In : L'alimentation de la brebis et de la chèvre. 4^{ème} journée de la recherche ovine et caprine. INRA et ITOVIC, France, p :19-37.
- 68) **Gueguen L., Pointillart A., 2000.** The bioavailability of dietary calcium. J. Am. Coll. Nutr., 19(2 Suppl), 119S-136S.
- 69) **Haddad O., 1981.** Contribution à l'étude des profils biochimiques chez les ovins: Influence de l'alimentation. Mémoire Maître ES Sciences Vét. ENV. Toulouse, 136p.
- 70) **Hankins GD., Snyder RR., Hauth JC., Gilstrap LC3rd, Wians FH Jr, Van Dellen AF., 1990.** Magnesium sulfate pharmacokinetics: pregnant *Capra hircus* model. *Am. J. Perinatol.*, Jan, 7 (1), 49-53.
- 71) **Harold Copp M.D., 2004.** Calcium and phosphorus metabolism. *The American Journal of Medicine*, Volume 22, Issue 2, 275-285.
- 72) **Hayirli A., Bertics S. J., Grummer R. R., 2002.** Effects of slow-release insulin on production, liver triglyceride, and metabolic profiles of Holsteins in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 85, 2180-2191.
- 73) **Herbein J.H., Aiello R.J., Eckler L.I., Pearson R.E., Akers R.M., 1985.** Glucagon, insulin, growth hormone, and glucose concentrations in blood plasma of lactating dairy cows. *J Dairy Sci.*, 68(2), 320-325.
- 74) **Hidiroglou M., 1983.** Blood plasma minerals and vitamins and acid-base status of sheep raised under fluctuating or constant environment. *J Dairy Sci.*, 66 (1), 67-72.
- 75) **Holmes Pegler H. S., 1966.** The book of the goat. Ninth edition, "The bazaar, Exchange and Mart" LTD, 255p.
- 76) **Huber K., Walter C., Schröder B., Breves G., 2002.** Phosphate transport in the duodenum and jejunum of goats and its adaptation by dietary phosphate and calcium. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 283 (2), 296-302.
- 77) **Huntington G. B., 1997.** Starch Utilization by Ruminants: From Basics to the Bunk. *J. Anim. Sci.*, 75, 852–867.
- 78) **INRA., 1988.** Tables de l'alimentation des bovins, ovins et des caprins. INRA, Paris, 192p.

- 79) **Jankowiak D., Seralo K., 2002.** Selected parameters of renal function and hydro-electrolyte balance in pregnant goats. *Electronic Journal of Polish*, Vol.5, Issue 1, Serie Animal Husbandry Agricultural Universities.
- 80) **Jean-Blain C., 2002.** Introduction à la nutrition des animaux domestiques. E.M.Inter., Editions TEC et DOC., 424p.
- 81) **Jean-Blain C., Grarcher D., Egron G., Alves L., 1993.** Guide de travaux pratique de bromatologie. ENV de Lyon, 18p.
- 82) **Jenot F., Bossis N., Cherbonnier J., Fouilland C., Guillon M-P., Lauret A., Letourneau P., Poupin B., Reveau A., 2001.** « Une lactation se prépare avant la mise-bas » *L'éleveur de chèvres*. N° 9, Juin, 13p.
- 83) **Jouany J-P., Broudiscou L., Prins R. A., Komisarczuk-Bony S., 1995.** Metabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. In : *Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion*. Editions INRA., p : 349-381.
- 84) **Jouany J-P., 2000.** La digestion chez les camélidés ; comparaison avec les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 13, 165-176.
- 85) **Kawas J.R., Schacht W.H., Shelton J.M., Olivares E., Lu C.D., 1999.** Effects of grain supplementation on the intake and digestibility of range diets consumed by goats. *Small Rumin. Res.*, 34, 49–56.
- 86) **Kawas J.R., Lopes J., Danelon D.L., Lu C.D., 1991.** Influence of forage-to-concentrate ratios on intake, digestibility, chewing, and milk production of dairy goats. *Small Rumin. Res.*, 04, 11–18.
- 87) **Kennedy P.M., Mcsweeney C.S. , Welch J.G., 1992.** Influence of dietary particle size on intake, digestion, and passage rate of digesta in goats and sheep fed wheaten (*Triticum aestivum*) hay. *Small Rumin. Res.*, 9, 125-138.
- 88) **Khaldoun A., Bellah F., Amrani M., Djennadi F., 2001.** Actes de l'atelier national sur la stratégie de développement des cultures fourragères en Algérie. ITGC., Alger, p45.
- 89) **Khaled N.F., Illek J., Gajdůšek S., 1999.** Interactions between nutrition, blood metabolic profile and milk composition in dairy goats. *Acta Vet. Brno.*, 68, 253-258.
- 90) **Khan J.R., Ludri R.S., 2002.** Changes in blood glucose, plasma non-esterified fatty acids and insulin in pregnant and non-pregnant goats. *Tropical Animal Health and Production*, Vol. 34, (1), 81-90.
- 91) **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. *J Dairy Sci.*, 71(7), 1813-1822.

- 92) **Klimiene I., Spakauskas V., Matusevicius A., 2005.** Correlation of different biochemical parameters in blood sera of healthy and sick cows. *Vet. Res. Commun.*, Feb, 29 (2), 95-102.
- 93) **Kohn R.A., Dinneen MM., Russek-Cohen E., 2005.** Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, pigs, and rats. *J. Anim Sci.*, Apr; 83(4), 879-889.
- 94) **Kolb E., 1970.** *Physiologie des animaux domestiques*. Vigot frères éditions, Paris. 974p.
- 95) **Krokavec M., Simo K., Martinko A., Krokavcova M., 1992.** Metabolic indicators in large-scale breeding of goats during various seasons. *Vet. Med. (Praha)*., 37 (2), 113-118.
- 96) **Lamand M., Barlet J.P., Rayssiguier Y., 1986.** Particularités de la biologie clinique des minéraux chez les ruminants. *Rec. Méd. Vét.*, 162 (10), 1127-1132.
- 97) **Landau S., Morand-Fehr P., Bas P., Schmidely P., Giger-Reverdin S., 1997.** Nutrition efficiency for conception, pregnancy and lactation in goats with an emphasis on glucose and nitrogen metabolism. *CIHEAM - Cahiers Options Mediterraneennes*, Vol. 25, 59-70.
- 98) **Liesegang A., Risteli J., Wanner M., 2005.** The effects of first gestation and lactation on bone metabolism in dairy goats and milk sheep. *Bone*, Article in press, 9p.
- 99) **Lindberg J.E., Gonda H.L., 1997.** Fibre and protein digestion in goats. *CIHEAM- Cahiers Options Mediterraneennes*, Vol. 25, 47-58.
- 100) **Lopez-Aliaga I., Alferez M J. M., Barrionuevo M., Nestares T., Sanz Sampelayo M-R., Campos M.S., 2003.** Study of nutritive utilization of protein and magnesium in rats with Resection of the Distal Small Intestine. *Beneficial Effect of Goat Milk.*, *J. Dairy Sci.* American Dairy Science Association, 86, 2958-2966.
- 101) **Lu C.D., Kawas J.R., Mahgoub O.G., 2005.** Fibre digestion and utilization in goats. *Small Rumin. Res.*, 60, 45-52.
- 102) **Madelaine M., 1999.** *Toxicologie du potassium : risque pour les animaux domestiques, et l'environnements. Etude bibliographique.* Thèse Doc. Vét., ENV de Nante, 119p.
- 103) **Marini J.C., Klein J.D., Sands J.M., Van Amburgh M.E., 2004.** Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporter abundance in lambs. *J. Anim. Sci.*, 82, 1157-1164.
- 104) **Marteniuk J.V., Herdt T.H., 1988.** Pregnancy toxemia and ketosis of ewes and does. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, Jul, 4 (2), 307-15.
- 105) **Martens H., Leonhard S., Gäbel G., 1991.** Minerals and Digestion. In: *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion*. INRA Editions, p: 199-216.

- 106) **Martens H., Schweigel M., 2000.** Pathophysiology of grass tetany and other hypomagnesemias. Implications for clinical management. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 16 (2), 339-368.
- 107) **Martens H., Schweigel M., 2003.** Influence of potassium on Mg-and Ca-metabolism in cows: effects and side effects of scientific research. *Schweiz Arch. Tierheilkd*, Dec., 145 (12), 577-583.
- 108) **Marx D. J., 2002.** Les maladies métaboliques chez les ovins. Thèse Doctorat Vétérinaire, ENV d'Alfort, 140p.
- 109) **Mbassa GK, Poulsen JS., 1991a.** 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. *Comp Biochem Physiol B.*, 100 (2), 413-422.
- 110) **Mbassa GK., Poulsen JS., 1991.** Profiles of some clinical chemical parameters in growing dwarf and landrace kids. *Zentralbl Veterinarmed A.*, 38 (9), 676-690.
- 111) **Mbassa GK., Poulsen JS., 1991b.** Influence of pregnancy, lactation and environment on some clinical chemical reference values in Danish landrace dairy goats (*Capra hircus*) of different parity -II. Plasma urea, creatinin, bilirubin, cholesterol, glucose and total serum proteins. *Comp Biochem Physiol B.*, 100 (2), 423-431.
- 112) **Mbuh J.V., Mbwaye J., 2005.** Serological changes in goats experimentally infected with *Fasciola gigantica* in Buea sub-division of S.W.P. Cameroon. *Veterinary Parasitology*, Vol. 131, Issue 3-4, 10 August; 255-259.
- 113) **McAdam P.A., O'Dell G.D., 1982.** Mineral profile of blood plasma of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 65 (7), 1219-26.
- 114) **Medjrab F., 2000.** Evolution des propriétés mécaniques d'un sol saharien sous-irrigation. Cas de la station INRA (Touggourt). *Mémoire Ing. Agr. (Batna)*, p75.
- 115) **Medouer M., 1982.** Taux et dynamisme saisonniers du calcium et du phosphore dans le sérum sanguin des brebis saines dans la région de Batna. *Mémoire Doc. Vét. (Batna)* 101p.
- 116) **Mellado M., Rodriguez J.A., Villarreal A., Olvera A., 2005.** The effect of pregnancy and lactation on diet composition and dietary preference of goat in desert rangeland. *Small Rumin. Res.*, 58, 79-85.
- 117) **Merck , 2002.** Le manuel vétérinaire Merck. 2^{ème} édition, Edition d'après, 2246p.
- 118) **Meschy F., 2002.** Eléments minéraux majeurs : données récentes chez les caprins. *INRA Prod. Anim.*, 15 (4), 267-271.

- 119) **Meschy F., Ramirez-Perez, A-H., 2005.** Evolutions récentes des recommandations d'apport en phosphore pour les ruminants. INRA Prod. Anim., 18 (3), 175-182.
- 120) **Meza C., Rincon RM., Banuelos R., Echfarria F., Arechiga CF., 2004.** Effect of different level of food and water deprivation on serum levels of catecholamines glucose and creatinine in Mexican-native goats. J. Anim.Sci.Vol.82, Suppl.1/J.Dairy Sci.Vol.87. Suppl.1 /Poult.Sci. Vol.83, Suppl.1., Abstract.
- 121) **Meziane T., 2001.** Contribution à l'étude de l'effet de la salinité de l'eau de boisson et d'un régime à base de paille chez les brebis de race Ouled Djellal dans les hauts plateaux sétifiens. Thèse Doctorat (Constantine), 162p.
- 122) **Mollereau H., Porcher C., Nicolas E., Brion A., 1995.** Vade-Mecum du vétérinaire formulaire. Vétérinaire et pharmacologie, de thérapeutique et d'hygiène. Edition Vigot, 1672p.
- 123) **Morand-Fehr P., Doreau M., 2001.** Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur. INRA Prod. Anim., 14(1), 15 – 27.
- 124) **Morand-Fehr P., Giger S., Sauvant D., Broqua B., Simiane M., 1987.** Utilisation des fourrages secs par les caprins. In : Demarquilly (Ed), les fourrages secs, récolte, traitement, utilisation. INRA, Paris, p : 391-422.
- 125) **Morand-Fehr P., Sauvant D., 1988.** Alimentation des caprins. In : Alimentation des bovins, ovins et des caprins. Ouvrage collectifs rédigé par Jarrige R., Edition INRA, Paris, p : 281-304.
- 126) **Nachtomi E., Halevi A., Bruckental I., Amir S., 1991.** Energy-protein intake and its effect on blood metabolites of high-producing dairy cows. Can. J. Anim. Sci., 71, 401-407.
- 127) **Nazifi, S., Dehghani S., Gheisari H. R., 1999.** Biochemical and cytologic properties of blood and peritoneal fluid in clinically normal adult goats. Vet. Arhiv., 69 (4), 221-227.
- 128) **Nazifi, S., Gheisari H. R., Shaker F., 2002.** Serum lipids and lipoproteins and their correlations with thyroid hormones in clinically healthy goats. Vet. Arhiv., 72, 249-257.
- 129) **Ndoutamia G., Ganda K., 2005.** Détermination des paramètres hématologiques et biochimiques des petits ruminants du Tchad. Revue Méd. Vét., 156 (4), 202-206.
- 130) **Ndoutamia G., Mbakasse R.N, Brahim A., Khadidja A., 2002.** Influence de la Trypanosomose à *T. congolense* sur les paramètres hématologiques, minéraux et protéo-énergétiques chez les chèvres sahéliennes du Tchad. Revue Méd. Vét., 153 (6), 395-400.
- 131) **Nsahlai, I.V., Goetsch, A.L., Luo J., Johnson Z.B., Moore J.E., Sahlu T., Ferrell C.L., Galyean M.L., Owens F.N., 2004.** Metabolizable protein requirements of lactating does. Small Rumin. Res., 53, 327-337.

- 132) **Obied W.A., Mohamoud E.N., Mohamed O.S.A., 2003.** *Portulaca oleracea* (purslane): nutritive composition and clinico-pathological effects on Nubian goats. Small Rumin. Res., 48, 31-36.
- 133) **Odette O., 2005.** Grass tetany in a herd of beef cows. Can. Vet. J., 46(8), 732-734.
- 134) **Oduye O.O., Adadevoh B.K. , 1976.** Biochemical values in apparently normal Nigerian goat. J. Nig. Vet. Med. Ass., 5, 51-55.
- 135) **Olayemi F. O., Oke O. A, Oyewale J. O., Ogunsanmi A. O., 2001.** The effect of season on the blood profile of the African Giant rat (*Cricetomys gambianus*, Waterhouse) Israel Veterinary Medical Association, Vol. 56 (4).
- 136) **Olsson K., Benlamlih S., Hossaini-Hilali J., Dahlborn K., 1997.** Regulation of fluid balance in goats and sheep from dry areas. CIHEAM –Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, n°34, 159-171.
- 137) **Otto F., Vilela F., Harun M., Taylor G., Baggasse P. Bogin E., 2000.** Biochemical blood profile of Angoni cattle in Mozambique. Israel Veterinary Medical Association, V.55 (3).
- 138) **Oyewale, J.O., Oke O.A., Olayemi F.O., Ogunsanmi A.O., 1998.** Electrolyte, enzyme, protein and metabolite levels in the plasma of the wild adult African giant rat (*Cricetomys gambianus*, Waterhouse). Vet. Arhiv., 68, 127-133.
- 139) **Pandiyar G.D., Ghosh P.R., Das B.C., Das B.K., Sanval S., 2005.** Studies on sodium and potassium metabolism and subsequent influence on electrocardiogram in unilaterally adrenalectomized black Bengal goat (*Capra hircus*). J. Vet. Sci., 6 (4), 273-278.
- 140) **Paragon B.M., 1984.** L'alimentation minérale de la vache laitière. ENV d'Alfort, 67p.
- 141) **Park Y., Chukwu, 1988.** Macro-mineral concentrations in milk of two goat breeds at different stages of lactation. Small Rumin. Res., 1, 157-166.
- 142) **Payne J.M., 1983.** Maladies métaboliques des ruminants domestiques. Editions du Point Vétérinaire, 190p.
- 143) **Popiel J. 1999.** The influence of low temperature fodder on the course of rumen fermentation and blood acid-base equilibrium in sheep. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Veterinary Medicine, Volume 2, Issue 2.
- 144) **Quittet E., 1977.** La chèvre, guide de l'éleveur. Edition la maison rustique, Paris, 277p.
- 145) **Rémond B., Brugère H., Poncet C., Baumont R., 1995.** Le contenu du réticulo-rumen. In : Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion. Editions INRA., p : 353-298.

- 146) **Ricard F., 2001.** L'élevage des chevrettes de renouvellement en troupeaux caprins laitiers: Analyse des dangers et maîtrise des points critiques (Mise à jour bibliographique). Thèse Doc. Vét., ENV de Nantes, p : 126.
- 147) **Rivière R., 1978.** Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2^e édition, 523p.
- 148) **Rouissi H., Guesmi A., 2004.** Etude comparée de la population des protozoaires ciliés dans le rumen des ovins et caprins. CIHEAM - Options Méditerranéennes : Série A, Séminaires Méditerranéens, n° 59, 57-59.
- 149) **Rousseaux J., 2004.** Le métabolisme du fer. Faculté de Médecine, Version 2, Lille, 34p.
- 150) **Ruckebusch Y., 1981.** Physiologie, pharmacologie, thérapeutique animales. Maloine S.A., 2^{ème} édition, Paris, 211p.
- 151) **Sahlu T., Hart S.P., Le-Trong T., Jia Z., Dawson L., Gipson T., Teh T.H., 1995.** Influence of prepartum protein and energy concentrations for dairy goats during pregnancy and early lactation. J Dairy Sci., 78, 378-387.
- 152) **Sahlu T., Hart S.P., Fernandez J.M., 1993.** Nitrogen metabolism and blood metabolites in three goat breeds fed increasing amounts of protein. Small Rumin. Res. 10, 281-292.
- 153) **Säkkinen H., Tverdal A., Eloranta E., Dahl E., Holand Ø., Saarela S., Ropstad E., 2005.** Variation of plasma protein parameters in four free-ranging reindeer herds and in captive reindeer under defined feeding conditions. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A., 142, 503-511.
- 154) **Sandabe U-K., Mustapha A.R., Sambo EY., 2004.** Effect of pregnancy on some biochemical parameters in Sahel goats in semi-arid zones. Vet. Res. Commun., May, 28 (4), 279-85.
- 155) **Sanz Sampelayo M.R., Lupiani M.J., Guerrero J.E., Boza J., 1998.** A comparison of different metabolic types between goat kids and lambs: Key blood constituents at different times in the first two months after birth. Small Rumin. Res., 31, 29-35.
- 156) **Sato H., Omori S., 1977.** Incidence of urinary calculi in goats fed a high phosphorus diet. Nippon Juigaku Zasshi., 39 (5), 531-537.
- 157) **Sautet, 1995.** L'appareil digestif et ses adaptations. In : Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion, Editions INRA, p 183-222.
- 158) **Sauvant D., 1988.** La composition et l'analyse des aliments. In : Alimentation des bovins, ovins et des caprins. Ouvrage collectifs rédigé par Jarrige R., Edition INRA, Paris, p : 305-314.
- 159) **Sauvant D., 2003.** Physiologie comparée de la digestion et de la nutrition. Institut National Agronomique Paris-Grignon, 28 p.

- 160) **Sauvant D., Bas P., 2001.** La digestion des lipides chez le ruminant. INRA Prod. Anim., 14 (5), 303-310.
- 161) **Sauvant D., Dulphy S.P., Michalet-Doreau B., 1990.** Le concept d'indice de fibrosité des aliments des ruminants. INRA Prod. Anim., 3(5), 309-318.
- 162) **Schroder B., Kappner H., Failing K., Pfeffer E., Breves G., 1995.** Mechanisms of intestinal phosphate transport in small ruminants. Br. J. Nutr., 74 (5), 635-48.
- 163) **Scott D., Robinson J.J., 1976.** Changes in the concentrations of urea, glucose and some mineral elements in the plasma of the ewe during induced parturition. Res. Vet. Sci., 20 (3), 346-347.
- 164) **Siciliano-Jones J., Murphy M.R., 1989.** Production of volatile fatty acids in the rumen and cecum-colon of steers as affected by forage : concentrate and forage physical form. J. Dairy Sci., 72, 485-492.
- 165) **Simiane, 1983.** pratique de l'alimentation des caprins. ITOVC et INRA, 140p.
- 166) **Soltner D., 1999.** Alimentation des animaux domestiques. Tome 1: Les principes de l'alimentation de toutes les espèces. 21^e édition, Collection Sciences et Techniques Agricoles, France, 176p.
- 167) **Sowande, O.S., Aina A.B.J., 2001.** Magnesium nitrate as dietary additive in the nutrition of West African Dwarf goat. Arch. Zootec., 50, 335-341.
- 168) **Stewart C.S., 1991.** Microbes in the rumen. In: Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. INRA editions, p:15-26.
- 169) **Swarup D., Patra R.C., Naresh R., Kumar P., Shekhar P., Balagangatharathilagar, 2005.** Lowered blood copper and cobalt contents in goats reared around lead-zinc smelter. Small Rumin. Res., Short communication, 5p.
- 170) **Sylvie M., Sayn M-J., Benoit E., Garnier F., Delatour P., 1982.** Valeurs usuelles en biochimie clinique vétérinaire. Laboratoire de biochimie, ENV de Lyon, p 64.
- 171) **Tambuwal F. M., Agale B. M., Bangana A., 2002.** Haematological and Biochemical values of apparently healthy Red Sokoto goats. Proceeding of 27th Annual Conference Nigerian Society of Animal Production (NSAP), March, 17-21, 2002, FUTA, Akure, Nigeria, 50-53.
- 172) **Tamminga S., Doreau M., 1991.** Lipids and rumen digestion. In: Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. INRA Editions, 151-163.
- 173) **Theriez M., Morand-Fehr P., Tissier M., Sauvant D., 1978.** Les besoins alimentaires de la brebis et de la chèvre. Besoin en énergie et en azote. In : Alimentation de la brebis et de la chèvre. 4^{ème} journée de la recherche ovine et caprine, INRA et ITOVIC, France, 1-10.

- 174) **Thivend P., Fonty G., Jouany J-P., Durand M., Gouet Ph., 1985.** Le fermenteur rumen. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 25 (4 B), 729-753.
- 175) **Todini L., Malfatti A., Valbonesi A., Trabalza-Marinucci M., Debenedetti A., 2006.** Plasma total T3 and T4 concentrations in goats at different physiological stages, as affected by the energy intake. *Small Rumin. Res.*, Article in press, p:6.
- 176) **Tontis A., Zwahlen R., 1987.** Pregnancy toxemia of small ruminants with special reference to pathomorphology. *Tierarztl Prax.*, 15(1), 25-29.
- 177) **Toullec R., Lallès J-P., 1995.** Digestion dans la caillette et l'intestin grêle. In : *Nutrition des ruminants domestiques ingestion et digestion*. Editions INRA., p : 527-581.
- 178) **Turner K.E., Wildeus S., Collins J.R., 2005.** Intake, performance, and blood parameters in young goats offered high forage diets of lespedeza or alfalfa hay. *Small Rumin. Res.*, 59, 15-23.
- 179) **Valtonen M.H., Uusi-Rauva A., Eriksson L., 1982.** The effect of protein deprivation on the validity of creatinine and urea in evaluation of renal function. An experimental study in the goat. *Scand J Clin Lab Invest.*, 42(6), 507-512.
- 180) **Van den Top A.M., Van't Klooster A.T., Wensing T., Wentink G.H., Beynen A.C., 1995.** Liver triacylglycerol concentrations around parturition in goats with either prepartum restricted or free access to feed. *Vet Q.*, 17 (2), 54-59.
- 181) **Vazquez-Anon M., Bertics S., Luck M., Grummer R.R., Plnhelro J., 1994.** Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 77, 1521-1528.
- 182) **Vernon R.G., Barber M.C., Travers M.T., 1999.** Développements récents dans les études de la lipogenèse chez l'Homme et chez les animaux *INRA Prod. Anim.*, 12 (4), 319-327.
- 183) **Vigouroux D., 1999.** PH ruminal et temps de mastication-indices de fibrosité. Thèse Doc. Vét., ENV de Nante, p105.
- 184) **Volland-Nail P., 2003.** Conduite d'élevage des boucs pour une reproduction à contre saison. Edition INRA et UNCEIA.
- 185) **Wattiaux M.A., 2004.** Métabolisme protéique chez la vache laitière. l'Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier, Université du Wisconsin, Madison.
- 186) **Wattiaux M.A., Armentano L.E., 2005.** Métabolisme des hydrates de carbone chez la vache laitière. l'Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier, Université du Wisconsin, Madison.

- 187) **Wattiaux M.A., Grummer R.R., 2003.** Métabolisme des lipides chez la vache laitière. l'Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier, Université du Wisconsin, Madison.
- 188) **Wattiaux M.A., Howard W.T., 2005.** Digestion chez la vache laitière. l'Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier, Université du Wisconsin, Madison.
- 189) **Wilkinson S.R., Stuedemann J.A., Grunes D.L., Devine O.J., 1987.** Relation of soil and plant magnesium to nutrition of animals and man. *Magnesium*, 6(2), 74-90.
- 190) **Wittenberg C., Choshniak I., Shkolnik A., Thureau K., Rosenfeld J., 1986.** Effect of dehydration and rapid rehydration on renal function and on plasma renin and aldosterone levels in the black Bedouin goat. *Pflügers Arch.*, 406, 405-408.
- 191) **Zarrouk A., Souilem O., Drion P.V., Beckers J.F., 2001.** Caractéristiques de la reproduction de l'espèce caprine. *Ann. Méd. Vét.*, 145, 98-105.
- 192) **Žubčić D., 2001.** Some biochemical parameters in the blood of grazing German improved fawn goats from Istria, Croatia. *Vet. Arhiv.*, 71, 237-244.

Table des matieres

Introduction

L'étude bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les caprins

I.1.Systématique.....	02
I.2.Répartition et évolution des caprins dans le monde.....	02
I.3.Les races caprines dans le monde.....	02
I.3.1.Les races.....	02
I.3.1.1.La chèvre d'Europe.....	02
I.3.1.2. La chèvre d'Asie.....	03
I.3.1.3. La chèvre d'Afrique.....	03
I.3.2. Les rameaux	03
I.3.2.1. Le rameaux kurde.....	03
I.3.2.2. Le rameaux nubie-syrien.....	03
I.3.2.3. Le rameaux pyrénéen.....	04
I.4. L'élevage caprine en Algérie.....	04
I.5. La répartition géographique.....	04
I.6. La population caprine en Algérie.....	04
I.6.1. La population locale.....	04
I.6.2. La population introduite.....	05
I.6.3. La population croisée	05

Chapitre II

L'alimentation des caprins

II.1. Le comportement alimentaire de la chèvre.....	06
II.2. Les besoins et les apports recommandés.....	06
1. Les besoins d'entretien.....	06
2. Les besoins de la production.....	07
2.1. Les besoins de croissance.....	07
2.2. Les besoins de la gestation.....	07
2.3. La lactation.....	08
2.3.1.Les besoins de lactation.....	08
2.4. La production de la laine.....	09
II.3. L'alimentation des caprins.....	10
II.3.1. L'alimentation des chèvres laitières en stabulation.....	10
1.Alimentation pendant la période sèche.....	10
2.Alimentation pendant la période de lactation.....	10
II.3.2. L'alimentation des chèvres en pâturage.....	10
II.3.3. L'alimentation des chevreaux de boucherie.....	11
II.3.4. L'alimentation des chevrettes d'élevage.....	11
II.3.5. L'alimentation des boucs.....	12

Chapitre III

L'approche digestive

III.1. Rappel anatomique du tube digestif des caprins.....	14
1. La cavité buccale.....	14
2. Les réservoirs gastriques	14
2.1. Les pré-estomacs.....	15
2.1.1. Le rumen	15
2.1.2. Le réseau.....	15
2.1.3. Le feuillet	16
2.2. La caillette.....	16
2.3. Les intestins.....	16
III.2. Rappel sur la physiologie digestive.....	16
III.2.1. Les phénomènes mécaniques	17
1. Le broyage	17
2. L'insalivation.....	17
3. Le brassage.....	18
III.2.2. Les phénomènes microbiens.....	18
1. L'écosystème microbien.....	18
1.1. La microflore.....	18
1.2. La microfaune.....	18
1.3. Les champignons.....	19
III.2.3. Les phénomènes chimiques.....	20
III.3. La digestion et l'absorption des nutriments.....	20
III.3.1. Les glucides.....	20
III.3.2. Les matières azotées.....	20
III.3.3. Les lipides	21
III.4. Les minéraux.....	22
1. L'effet des minéraux sur la population microbienne	22
2. La digestion et l'absorption des minéraux	22

Chapitre VI

Métabolisme des nutriments

VI.1. Le métabolisme du glucose	24
VI.2. Le métabolisme des substances azotées	24
VI.3. Le métabolisme des lipides	25
VI.4. Le métabolisme minéral.....	25
VI.4.1. Etude des macro-éléments.....	26
VI.4.1.1. Le calcium (Ca) et phosphore (P)	26
a) Le calcium.....	26
1. Les apports recommandés	27
2. L'absorption.....	27
3. L'excrétion	27
b) Le phosphore.....	28
1. L'absorption.....	28
2. La sécrétion.....	28
3. L'excrétion.....	29

c) Régulation du métabolisme phosphocalcique.	29
1. La parathormone.....	29
2. La calcitonine	30
3. La vitamine D et ses métabolites	30
VI.4.1. 2. Le sodium (Na) et le chlore (Cl)	30
1. Répartition.....	30
2. Rôle.....	30
3. Absorption	30
4. Excrétion.....	31
5. Les apports recommandés	31
VI.4.1.3. Le potassium (K)	31
1. Répartition	31
2. Rôle	32
3. Le métabolisme.....	32
4. Les apports recommandés.....	32
VI.4.1.4. Le magnésium (Mg)	33
1. Répartition du magnésium dans l'organisme.....	33
2. Rôle du magnésium.....	33
3. Les apports recommandés.....	33
4. Le métabolisme	33
4.1. Absorption	33
4.2. L'excrétion	34
VI.4.2. L'étude des oligo-éléments.....	34
VI.4.2.1. Fer (Fe)	34
1. Le métabolisme du fer.....	35
1.1 L'absorption.....	35
1.2. Le stockage.....	35
1.3. L'excrétion.....	35

L'étude expérimentale

Matériel et méthodes

I. La monographie de la région.....	36
1. Présentation générale de la région de Touggourt	36
2.Présentation de la station.....	37
3.Les caractéristiques physiques de la station	36
2.1. Le climat	36
2.2. L'eau.....	37
2.3. Le sol.....	37
II. Matériel et Méthodes.....	37
II.1. Matériel.....	37
1. Les animaux	37
2. Les aliments et l'eau.....	38
II.2. Méthodes.....	38

1. Les analyses du sang.....	38
1.1. Les prélèvements.....	38
1.2. Méthodes de dosage	39
1.2.1. Les minéraux.....	39
1.2.2. Les constantes biologiques.....	39
3. Traitement statistique	41

Résultats et discussion

Chapitre I

Les paramètres plasmatiques du métabolisme énergétique

I.1. La glycémie.....	44
I.2. La cholestérolémie.....	45
I.3. La triglycéridémie.....	47

Chapitre II

les parametres plasmatiques du metabolisme azote

II.1. L'urémie.....	50
II. 2. Les protéines totales.....	52
II.3. L'albuminémie.....	54
II.4. La créatinine.....	55

Chapitre III

Les paramètres plasmatiques du métabolisme minéral

III.1. Les macro-éléments plasmatiques.....	57
III.1.1. La calcémie.....	57
III.1.2. La phosphatémie.....	60
III.1.3. Le rapport phosphocalcique.....	62
III.1.4. La magnesémie.....	63
III.1.5. La kaliémie.....	65
III.1.6. La natrémie.....	66
III.2. Les micro-éléments plasmatiques.....	69
III.2.1. Le fer.....	69

Conclusion.....	70
-----------------	----

Références bibliographiques.....	74
----------------------------------	----

La liste des tableaux

Tableau n°1: L'effectif et la production laitière caprine dans le monde (FAO, 2003 cité par Barbin et al., 2005).

Tableau n°2: Estimation du cheptel (Ministère de l'agriculture 1998 cité par Khaldoune et al., 2001).

Tableau n°3: Apports alimentaires journaliers recommandés pour la chèvre à l'entretien ou début de gestation (Chunleau, 1995).

Tableau n°4: Apports alimentaires journaliers recommandés pour la chèvre pendant les deux derniers mois de gestation (Chunleau, 1995).

Tableau n°5: Apports alimentaires journaliers recommandés pour la chèvre en lactation (Chunleau, 1995).

Tableau n° 6: Apports alimentaires recommandés des chevreaux de boucheries (INRA, 1988).

Tableau n°7 : Apports alimentaires recommandés et la capacité d'ingestion des chevrettes d'élevage (INRA, 1988).

Tableau n°8 : Apports alimentaires recommandés et la capacité d'ingestion des boucs (INRA, 1988).

Tableau n°9 : Populations de protozoaires dans le principal compartiment des pré-estomacs de camélidés et de ruminants (Jouany, 2000).

Tableau n°10: Composition minérale moyenne du lait de chèvre (Gueguen et Barlet, 1978).

Tableau n°11: Seuil de carence et de toxicité et apports recommandés pour les oligo-éléments chez les chèvres et les brebis en mg/kg de MS (Gueguen et Barlet, 1978).

Tableau n°12: Effet du stade de lactation sur la teneur en Ca du lait de chèvre (Schmidely et al., 2002; cités par Meschy, 2002).

Tableau n°13 : Apports recommandés en Mg chez la chèvre en lactation (poids vif: 60kg, production de lait 4 litre/jours et ingestion 2.5 kg de MS/j).

Tableau n°14 : Les apports recommandés en Na chez les caprins (Meschy, 2002).

Tableau n°15 : Les apports recommandés chez la chèvre selon les différentes stades physiologiques (Meschy, 2002).

Tableau n°16: Températures moyennes mensuelles de la région de Touggourt (2000-2003) (Office national de météorologie).

Tableau n°17 : Les variations saisonnières de la glycémie (g/l).

Tableau n°18 : Les variations saisonnières de la cholestérolémie (g/l).

Tableau n°19 : Les variations saisonnières des triglycérides plasmatiques (g/l).

Tableau n°20 : Les variations saisonnières de l'urée (g/l).

Tableau n°21 : Les variations saisonnières des protéines totales (g/l).

Tableau n°22 : Les variations saisonnières de l'albumine (g/l).

Tableau n°23 : Les variations saisonnières de la créatinine (g/l).

Tableau n°24 : Les variations saisonnières du Ca (mg/l).

Tableau n°25 : Les variations saisonnières du P (mg/l).

Tableau n°26 : Les variations saisonnières du Ca/P.

Tableau n°27: Les variations saisonnières du Mg (mg/l).

Tableau n°28 : Les variations saisonnières du Na (mEq/l).

Tableau n°29 : Les variations saisonnières du K (mEq/l).

Tableau n°30 : Les variations saisonnières du Fe ($\mu\text{g}/100\text{ml}$).

Tableau n°31 : L'affectation des paramètres sanguins par l'âge, le sexe, et la saison.

Tableau n°32 : L'effet de l'état physiologique sur les paramètres sanguins.

La liste des abréviations

UGB : Unité de gros bétail.

AA : Acides aminés.

AG : Acides gras.

AGV : Acides gras volatils.

Ca B P : Binding Protein de Wasserman.

CAR : Coefficient d'absorption réelle.

Co A : Coenzyme A.

GQP : Gain quotidien pondéral.

J.C : Jésus Christ.

MS : Matière sèche.

MAD : Matière azotée digestible.

UFL : Unité fourragère du lait.

PDI : Protéine digestible au niveau intestinal.

L'influence de l'âge, de la saison et de l'état physiologique des caprins sur certains paramètres sanguins

RESUME

Les concentrations plasmatiques du glucose, cholestérol, triglycérides, créatinine, urée, albumine, protéines totales, Ca, P, Mg, Na, K, et Fe ont été déterminées pour établir les valeurs usuelles chez la chèvre en Algérie. L'influence de l'âge, le sexe, la saison et l'état physiologique sur ces métabolites a été aussi étudiée.

La créatinine et l'urée plasmatique ont augmenté avec l'âge, par contre le cholestérol, Ca, Mg, et Na ont diminué. De plus, ces paramètres sont influencés par la saison : le glucose, Ca, Mg et K ont diminué, cependant l'urée et Na augmentés. L'effet sexe a été observé seulement sur protéines totales et l'albumine. Le cholestérol, les triglycérides, la créatinine, l'albumine, les protéines totales, Ca, Mg, Na, K, CA:P et Fe ont plus élevés chez les chèvres gestantes que chez les autres femelles. La concentration de glucose, Ca, Mg, K et CA:P est faible chez les chèvres allaitantes, mais celle de cholestérol et triglycérides est plus élevée.

MOTS CLES : Chèvre, valeurs usuelles, saison, âge, sexe, l'état physiologique.

ABSTRACT

Blood plasma glucose, cholesterol, triglycerid, creatinin, urea, albumin, total serum proteins, Ca, P, Mg, Na, K, and Fe were analyzed to establish biochemical values in Algeria goat. Influence of age, sex, season and physiological state in this metabolites were also studied.

Creatinin and urea levels increased with age, but cholesterol, Ca, Mg, and Na levels were high at birth and then decreased with age. The levels of the metabolites also were very much dependent to season: glucose, Ca, Mg and K decreased, urea plasma and Na were increased in dry season.

Effect of sex was observed only in total serum proteins and albumin.

Cholesterol, triglycerid, creatinin, albumin, total serum proteins, Ca, Mg, Na, K Ca:P and Fe were higher in pregnant goats than in other. Glucose concentration, Ca, Mg, K and Ca:P were lower, but cholesterol and triglycerid concentration were higher in lactating goat.

KEY WORDS: Goat, biochemical values, season, age, sex, physiological state.

المخلص

في هذا العمل قمنا بقياس نسبة السكر, البروتينيات, الزلال, الكرياتينين, اليوريا, الدهون, الكوليسترول, ثلاثي الغليسريد, الكالسيوم, الفسفور, المنغنيز, الصوديوم, البوتاسيوم و الحديد في دم الماعز بالجزائر. كما درسنا تأثير كلا من العمر, الفصل, الجنس, و الحالة الفيزيولوجية للأنثى عليها. ارتفاع نسبة الكرياتينين, اليوريا مع العمر بينما تنخفض نسبة كوليسترول, الكالسيوم, المنغنيز, الصوديوم مع العمر.

هذه النسب تخضع أيضا لتأثير الفصل حيث تنخفض نسب السكر الكالسيوم, المنغنيز البوتاسيوم أما اليوريا و الصوديوم فترتفع خلال الفصل الجاف. الفرق بين الجنسين لوحظ فقط في البروتينيات و الزلال. نسب الكوليسترول, ثلاثي الغليسريد, الكرياتينين, الزلال, البروتينيات, الكالسيوم, المنغنيز, الصوديوم, البوتاسيوم و الحديد ترتفع في دم الأنثى الحامل. نسب السكر, الكالسيوم, المنغنيز, البوتاسيوم تنخفض في دم الأنثى المرضعة بينما نسب الكوليسترول و ثلاثي الغليسريد ترتفع.

الكلمات المفتاحية: الماعز, مراجع بيوكيميائية, عمر, فصل, الحالة الفيزيولوجية.