



Université de Biskra – Mohamed Khider  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Agronomiques

# MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie  
Sciences Agronomiques  
Production et nutrition animale  
Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**NESRINE DIGHECHE**

le: 23/09/2020

## Thème

### Étude de la structure de la taille des cheptels ovins et la structure de l'âge d'éleveurs dans la Wilaya de Biskra

---

#### Jury :

Mr	<b>Droui H.</b>	MCB	Université de Biskra	Président
Mr	<b>Benmehaia M.A</b>	MCB	Université de Biskra	Encadreur
Mr	<b>Bachar F.</b>	MCB	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019- 2020

# Remerciements

Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements à Allah, le Tout Puissant, de nous avoir accordé la force et la patience d'aller jusqu'au bout de notre rêve et le bonheur d'achever ce travail.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre encadreur, Mr. Benmehaia M.A., qui a guidé, suivi le déroulement du travail de ce mémoire en me prodiguant tout aide possible, et pour ses pertinents conseils.

Ma vive reconnaissance va à Droei H., enseignant à l'Université de Biskra d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

J'adresse mes remerciements à Bachir F., enseignant à l'Université de Biskra d'avoir accepté de juger ce travail.

# Dédicaces

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et Source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive. , à toi mon père

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'aime.

A mes chers grands-parents maternels et à ma chère grand-mère paternelle, qu'Allah vous préserve auprès de moi et longue vie.

A la mémoire de mon cher grand père paternelle et ma tante Dalal, qu'Allah t'ouvre les porte de son Paradis.

A mes très chères sœurs : Safa, Wissam, Manel, Marwa.

A mes très cher frères: Ahmed Sami, Wassim , Imad.

A mes chères amies: Hasna, djihad, meriem.

A ma chère famille paternelle et maternelle

A tous personne qui sont trop cher pour moi

# Table des matières

Introduction générale

Chapitre 1

1. Présentation des races ovines algériennes .....	2
1.1. Les races principales .....	2
1.2 Les races secondair.....	4
2. Effectif et localisation de l'élevage ovin en Algérie .....	5
3. Répartition géographique de l'élevage ovin.....	6
4. Importance de l'élevage ovin en Algérie .....	6
5. Principaux systèmes d'élevage ovin.....	7
5.1. Système extensif.....	7
5.1.1. Le système pastoral .....	7
5.1.2 Le système agropastoral .....	8
5.2. Système semi-extensif.....	8
5.3 Système intensif .....	8
6. Contraintes majeurs de l'élevage ovin en Algérie.....	9

Chapitre2

Introduction .....	10
1- Système digestif .....	10
1.1 Anatomie .....	10
1.2 .Physiologie de la digestion.....	12
2- Besoins nutritionnels.....	14
2.1.Énergie .....	14
2.2 Les protéines .....	16
2.2.1 Apports de protéines alimentaires .....	18
2.3.Hydrates de carbone ou glucides.....	19
2.4 Lipides .....	20
2.5 .Minéraux majeurs.....	20
2.5.1. Calcium et Phosphore.....	20
2.5.2. Magnésium .....	26
2.5.3. Le potassium, le sodium et le chlore .....	28
2.6 Oligo-éléments : .....	32
2.6.1 Fer.....	32
2.6.2 Zinc.....	32
2.6.3 Iode.....	32
2.6.4 Cobalt .....	33
2.6.5 Manganèse.....	33
2.6.6 Cuivre .....	33
2.6.7 Sélénium.....	34
2.6.8 Chrome .....	35

2.7 Vitamines .....	35
2.7.1 Vitamines hydrosolubles : .....	36
2.7.2 Vitamines liposolubles .....	36
2.8 Eau.....	38
2.8.1 Quantité .....	38
2.8.2 Qualité .....	39
Chapitre 3	
Introduction .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1). Amélioration génétique de l'animal : .....	44
1.1) Options génétiques :.....	44
1.2) Objectifs de l'Amélioration Génétique : .....	44
2). Généralités sur l'hérédité :.....	45
2.1) Cellules, chromosomes et formation des gamètes : .....	45
3). Génétique quantitative : .....	46
3.2). Caractères quantitatifs.....	46
3.2.1) Variabilités des caractères quantitatifs.....	47
3.2.2) Variabilité génotypique.....	47
3.2.3). Variabilité due au milieu.....	47
3.3). Interaction Génotype-Milieu.....	48
4). Consanguinité .....	48
4.1). Quantifier la consanguinité .....	48
Chapitre 4	
Conclusion	

## Liste des tableaux

Tableau 1: Evolution de l'effectif du cheptel ovin de 2003 à 2010 (×10 têtes) (Ministère de l'Agriculture : Statistiques agricoles (2003- 2010)).....	5
Tableau 2: Localisation des races ovines en Algérie.....	6
Tableau 3: Composition en acides aminés essentiels (a.a.e.) des protéines microbiennes mixtes comparativement aux protéines tissulaires, de la caséine et de la laine (exprimé en g d'a.a.e/g de protéine). .....	17
Tableau 4: Concentrations typiques et potentiellement dangereuses des constituants de l'eau d'abreuvement du bétail. ....	41
Tableau 5: Critères de salinité de l'eau d'abreuvement .....	42
Tableau 6: le nombre de chromosome pour certain animaux. Jussiau et al. (2006).....	46
Tableau 7: Caractères quantitatifs et qualitatifs (GILBERT ,1991).....	47
Tableau 8: Définitions et statistiques descriptives de la taille, de la croissance et du capital humain ..	56

## Liste des Figures

Figure 1: Illustration du système digestif de l'ovin.....	11
Figure 2: Illustration des quatre compartiments stomacaux de l'espèce caprine .	12

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

En Algérie, l'élevage ovin compte parmi les activités agricoles les plus traditionnelles et occupe une place très importante dans le domaine de la production animale, et constitue le premier fournisseur de viande rouge du pays (Bencherif, 2011). Cet élevage, géré de manière traditionnelle dans la quasi-totalité des exploitations privées et certaines fermes étatiques, subit les affres des aléas climatiques, nutritionnels et pathologiques (Bencherif, 2011). La faible productivité des troupeaux nationaux est attribuée à une mauvaise conduite de la reproduction et de l'alimentation des troupeaux qui est souvent de type extensif (Bencherif, 2011).

La race Ouled Djellal est par excellence la plus importante du point de vue de l'effectif, la plus convoitée par les éleveurs et la plus demandée par les consommateurs d'animaux sur pattes. Elle est connue sous le nom de la race Arabe blanche (Mefti *et al.*, 2017). Pour cela, nous allons contribuer à l'étude de la structure de la taille des cheptels ovins et la structure de l'âge d'éleveurs dans la Wilaya de Biskra.

Cette étude vise à mettre en évidence la relation entre la structure du troupeau ovin et l'âge des éleveurs et ses exigences en matière de transfert de connaissances dans la wilaya de Biskra, où le secteur animal occupe une position importante en termes économiques et social en raison du rôle important qu'il joue dans la sécurité alimentaire et le secteur de l'élevage ovin est considéré comme l'une des activités agricoles les plus importantes de l'état de Biskra, où Il représente une source de revenus pour de nombreuses familles rurales. Vue la pandémie et ses conséquences, ce travail n'a pas pu arriver à son terme, dont il résulte qu'il soit essentiellement une revue bibliographique.

Notre travail est présenté sous plusieurs chapitres: le premier chapitre présente l'élevage ovin en Algérie, le deuxième chapitre présente la nutrition et alimentation des ovins, le troisième chapitre rapporte quelques aspects de l'amélioration génétique de l'animal et pour finir quatrième chapitre qui présente un survol sur quelques études traitant le sujet du savoir-faire et le développement durable dans le système de production des ovins.

# Chapitre 1. L'élevage ovin en Algérie

En Algérie, l'élevage ovin constitue une véritable richesse nationale pouvant être appréciée à travers son effectif élevé par rapport aux autres spéculations animales et particulièrement par la multitude de races présentes, ce qui constitue un avantage et une garantie sûre pour le pays (Dekhili, 2010). Les populations ovines locales sont constamment soumises à l'adversité du milieu (rigueur du climat, contraintes alimentaires) et se caractérisent par une rusticité remarquable mais elles présentent des résultats de production hétérogènes et des caractéristiques morphologiques diverses qui semblent avoir une origine génétique différente (Benyoucef et al. 2000).

Selon Chellig (1992), Le cheptel ovin, premier fournisseur en Algérie de viande rouge, est dominé par 3 races principales bien adaptées aux conditions du milieu :

- La race arabe blanche Ouled Djellal, la plus importante, environ 58% du cheptel national, adaptée au milieu steppique, présente des qualités exceptionnelles pour la production de viande et de laine ;

- La race Rumbi, des djebels de l'Atlas Saharien, à tête et membres fauves, représente environ 12% du cheptel ;

- La race rouge Béni Ighil (dite Hamra en rappel de sa couleur) des Hauts plateaux de l'Ouest, 21% du cheptel, race berbère très résistante au froid, autochtone d'Afrique du Nord.

Quatre races secondaires ovines existent également en Algérie (Nedjraoui, 2003) :

- La race Berbère à laine Zoulai de l'Atlas Tellien adaptée aux parcours montagnard ;

- La race Dmen, saharienne de l'Erg Occidental très intéressante par sa prolificité élevée ;

- La race Barbarine, saharienne de l'Erg Oriental ;

- La race Targuia-Sidaou, sans laine, race peul, élevée par les touaregs du Sahara Central.

## 1.Présentation des races ovines algériennes

### 1.1. Les races principales

Race Ouled Djellal : C'est une race qui aurait été introduite par les Béni Hilal venus en Algérie au XI siècle du Hidjaz (Arabie).

C'est une race type de la steppe et des hautes plaines (Chellig 1992 et Sargne, 1950),

Adaptée au grand nomadisme, elle supporte la marche sur de longue distance (Turries, 1976 ; Chellig, 1992). L'effectif total est d'environ 11 340 000 de têtes, qui présentent 63% de l'effectif ovin total (CN AnRG, 2003).

Selon Oubbéa (1991), Chellig (1992) et D'himi (2005), elle se caractérise par une laine entièrement blanche, de taille haute à pattes longues et craint cependant les grands froids. C'est une excellente race à viande. Le bélier peut peser de 70 à 80 kg et la brebis peut aller de 49 à 60 kg (CN AnRG, 2003).

Elle se subdivise en trois variétés :

-Ouled Djellal :

Proprement dite qui peuple les Ziban (Biskra, Touggourt), caractérisée par un Corps longiligne, haute sur pattes, une laine blanche ne et jarreuse, un ventre et un dessous du cou nus, des cornes moyennes spiralées et peuvent-être présentes chez les brebis. Cependant le squelette est très fin, le gigot long et plat. Elle est communément appelée " transhumante " (Sargne ,1950 ; Beurrier et al ,1975 et Chellig, 1992).

-Race Ouled Nail (Hodna) :

Qui peuple le Hodna, Sidi Aissa, M'sila, Biskra, Sétif, Ain M'lila et Ain Beida. Elle est la plus pure et la plus lourde avec une forme bien proportionnée et une taille élevée, la laine de couleur de paille claire ou blanche couvre tout le corps jusqu'au cou et aux jarrets, la face est jaune claire et le mâle ne présente pas de cornes (Sargne, 1950 ; Turries ,1976 et Chellig, 1992).

-Race Chellalia :

Peuple la région de Laghouat, Chellala et Djelfa. C'est l'espèce la plus petite et légère de la race Ouled Djellal. Le profil de la tête est légèrement busqué avec des oreilles pendantes. Les membres sont fins et le squelette est robuste alors que la poitrine est ample et le gigot plat (Sargne 1950 ; Turries, 1976 et Chellig, 1992).

Race Hamra ou race Béni Ighil : -

Race d'origine de l'Est du Maroc, qui doit son nom à sa coloration acajou brunâtre ou marron roussâtre de sa tête et sa peau, est de bonne conformation, sa viande est d'excellente qualité,

représente 20% du cheptel ovin national et occupe la deuxième place. Elle s'adapte aux immensités et sans reliefs de la steppe, soumises aux grands vents (CN AnRG, 2003 et Benyoucef et al, 1995).

On assiste aujourd'hui à un remplacement de la race Béni Ighil très rustique par l'Ouled Djellal, plus prolifique et d'un apport plus rentable en viande (Abdelguerfi et Laouar, 1999).

-Race Rembi : Selon CN AnRG (2003), l'effectif total de la race est d'environ 2000 000 de têtes soit 11,1% du total ovin. Beurrier et al (1975), Turries (1976), Chellig(1992) et CN AnRG (2003), estiment que c'est une race ayant le plus grand format d'Algérie, sa conformation est très bonne, le squelette est massif et les pattes sont très robustes, de tête rouge ou brunâtre et de robe chamoise.

## **1.2 Les races secondaires**

-Race Berbère : Avec un effectif de 4 500 000 têtes, c'est une race des montagnes autochtones du Tell (Atlas Tellien d'Afrique du Nord), de petite taille à laine mécheuse blanc brillant (Azoulai) (Chellig, 1992). C'est la population ovine la plus ancienne d'Afrique du Nord, vraisemblablement issue du métissage avec le mouflon sauvage ; elle est aussi appelée Chleuh (Kabyle) (CN AnRG, 2003).

-Race Barbarine : L'effectif total est d'environ 48 600 têtes, ressemble à la Ouled Djellal mais caractérisée par une queue adipeuse : cette réserve de graisse rend l'animal particulièrement rustique en période de disette dans les zones sableuses. Pattes courtes, a un corps blanc sauf la tête et les pattes qui peuvent être brunes ou noires, à poitrine large et profonde (Trouette, 1929 ; Turries, 1976 et Chellig, 1992).

-Race D'man : Elle représente 0,5% du cheptel national soit environ 34 200

tête. Elle est saharienne répandue dans les Oasis du Sud Ouest Algérien (Gourara,

Touat, Tidikelt) et du Sud Marocain. (Arbouche, 1978 et Feliachi, 2003). Elle est connue souvent sous le nom de race du Tafilelt (Turries, 1976).

Race Targuia ou Sidahou : En Algérie la Sidahou est encore inconnue sur le plan scientifique et économique. Elle présente moins de 0,13% du cheptel ovin national soit environ 23 400 têtes (CN AnRG, 2003). Elle est élevée par les Touaregs entre Fezzan en Lybie-Niger et au Sud Algérien au Hoggar Tassili (Chellig, 1992).

L'ovin Algérien fait preuve d'une grande diversité, cette diversité peut s'apprécier à la fois par le nombre total de types de populations et du nombre de celles ayan un effectif important. On note

une forte progression des effectifs des produits de croisement de la population Ouled Djellal avec les autres types de populations non seulement en Algérie mais aussi au Maroc et en Tunisie.

## 2. Effectif et localisation de l'élevage ovin en Algérie

L'espèce ovine, la plus importante en effectif, représente la plus grande ressource animale du pays. Il est difficile de connaître avec précision l'effectif exact du cheptel ovin national, le système de son exploitation principalement nomade et traditionnel ne le permet pas (Khiati, 2013). Selon les statistiques du Ministère de l'Agriculture l'effectif ovin a été estimé à environ 26 millions de têtes en 2015 (MADRP, 2016).

L'évolution globale des effectifs du cheptel ovin a été marquée sensiblement, depuis un demi-siècle, par désordre qui relève de certains facteurs inhérents au développement, la progression et l'intensification de la céréaliculture vers la steppe et avec un système pastoral implanté dans des zones arides ou semi-arides qu'est caractéristique de la société nomade pratiquant des mouvements de transhumance avec une utilisation extensive des parcours sur de longues distances et un usage de terres dans l'accès est plus au mois réglementé et collectif. Ainsi l'alimentation des ovins est largement basée sur la valorisation des "unités fourragères gratuites" (Rondia, 2006 cité par Khiati, 2013).

L'exploitation principale est la filière viande, qui fournisse entre 72000 à 120000 tonnes/an; ce qui représente 56% de la production nationale des viandes rouges, cette masse de viande provient de l'abatage contrôlé de près de 5 millions de têtes /an dont la moyenne de production est évaluée à 14,4 Kg (Orve, 1990 ; cité par Douh, 2012).

Tableau 1: Evolution de l'effectif du cheptel ovin de 2003 à 2010 (×10 têtes) (Ministère de l'Agriculture : Statistiques agricoles (2003- 2010))

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ovin	17 502	18293	18 909	19 615	20 154	19 946	21 404	22 868

Les ovins sont répartis sur toute la partie du nord du pays, avec toutefois une plus forte concentration dans la steppe et les hautes plaines semi-arides céréalières (80% de l'effectif total) ; il existe aussi des populations au Sahara exploitant les ressources des oasis et des parcours désertiques (CN AnGR, 2003).

Dans les hautes plaines semi-arides de l'Est algérien l'élevage ovin est pratiqué par plus de 80% des exploitations agricoles et occupe la première place par rapport aux autres espèces (bovines et caprines); (Benyoucef et al, 2000).

### 3. Répartition géographique de l'élevage ovin

En Algérie, les ovins sont répartis sur toute la partie nord du pays, avec toute fois une plus forte concentration dans les hautes plaines céréalières et les parcours steppiques. Au niveau de ces derniers on trouve deux tiers (plus de 60 %) de l'effectif total (Cuil-Iermou, 1990 ; Aidoud, 2006 cité par Saidi-Mokhtar et al, 2009), c'est le domaine de prédilection de l'élevage ovin et caprin.

Dans les hautes plaines semi-arides de l'Est algérien l'élevage ovin est pratiqué par plus de 80% des exploitations agricoles et occupe la première place par rapport aux autres espèces (bovines et caprines). Bien que leur importance ne soit pas en elle-même une spécialisation, les ovins constituent une activité au sein d'un ensemble de systèmes de production qui peuvent être qualifiés de complexes, souvent basés sur l'association po-lycultures-élevages (Benyoucef et al, 2000).

En fait le mouton algérien par sa rusticité est le seul animal qui permet la mise en valeur de la steppe, sans cet animal, la steppe ne serait que des déserts où l'homme serait inca-pable de vivre. Il existe aussi des populations au Sahara, exploitant les ressources des oasis et des parcours désertiques (AnGR, 2003 ; Khelifi, 1999 ; Nedjraoui, 2001).

**Tableau 2:** Localisation des races ovines en Algérie (Abdelguerfi et Ramdane, 2003)

Races	Aire de répartition
Ouled Djellal	Steppe et hautes plaines
Rembi	Centre Est (Steppe et hautes plaines)
Hamra ou Beniguil	Ouest de Saida et limites zones Sud
Berbère	Massifs montagneux du Nord de l'Algérie
Barbarine	Erg oriental sur frontières tunisiennes
D'men	Oasis du sud Ouest algérien
Sidahou	Le grand Sahara Algérien

### 4. Importance de l'élevage ovin en Algérie

En Algérie les ovins sont essentiellement composés de races locales qui sont exploitées pour la viande et secondairement pour le lait et la laine dans des conditions arides et semi-arides, auxquelles elles s'adaptent de façon remarquable (Benyoucef et al., 2000). Donc l'élevage ovin est une activité économique (liée à l'exploitation des ressources pastorales) qui continue à jouer un rôle vital dans l'agriculture et l'économie de notre pays, elle représente une part substantielle dans le produit intérieur brut (Kanoun et al. 2007).

L'élevage ovin représente la spéculation agricole la plus importante. Le secteur de la production animale, fournie près de 5 billions de dollars. L'élevage des petits ruminants, contribue avec 52% et représente 35% de la production agricole totale (Benaissa, 2001 cité par Deghnouche, 2011). Les principales productions ovines algériennes sont connues essentiellement dans les zones steppiques où le mouton algérien a acquis des aptitudes caractérisant ses performances productives particulières (Deghnouche, 2011). Selon Bencherif (2011) l'élevage ovin constitue la principale ressource de territoire steppique et apporte sa contribution à l'économie nationale par ses produits diversifiés (viande, laine, peau), les emplois et les revenus monétaires qu'il génère.

Donc le mouton est le seul animal de haute valeur économique à pouvoir tirer profit des espaces de 40 millions d'hectares de pâturage des régions arides constituées par la steppe qui couvre 12 millions d'hectares. Ainsi, de par son importance, il joue un rôle prépondérant dans l'économie et participe activement à la production des viandes rouges (Harkat et Lafri, 2007).

L'élevage ovin occupe ainsi une place importante sur le plan économique et social, sa contribution à l'économie nationale est importante dans la mesure où il représente un capital de plus d'un milliard de dinars, c'est une source de revenu pour de nombreuses familles à l'échelle de plus de la moitié du pays (Mohammedi, 2006 cité par Deghnouche, 2011).

## **5. Principaux systèmes d'élevage ovin**

D'après des études effectuées par différents instituts techniques sur les systèmes de production animale existants en Algérie, trois principaux types de systèmes se distinguent par la quantité de consommation des intrants et par le matériel génétique utilisé (CN AnGR, 2003). Les systèmes d'élevage ovin restent largement dominés par les races locales et se distinguent essentiellement par leur mode de conduite alimentaire (Rondia, 2006 cité par Ami, 2013).

### **5.1. Système extensif**

En Algérie, ce type de système domine ; le cheptel est localisé dans des zones avec un faible couvert végétal, à savoir les zones steppiques, les parcours sahariens et les zones montagneuses. Ce système concerne toutes les espèces animales locales (Adamou et al. 2005). Le système de production extensif concerne surtout l'ovin et le caprin en steppe et sur les parcours sahariens (CN AnGR, 2003). Dans ce système d'élevage on distingue deux sous systèmes .

#### **5.1.1. Le système pastoral**

L'éleveur hérite les pratiques rituelles ; nonobstant les nouvelles technologies et l'évolution des conduites d'élevage, ce dernier maintient les habitudes transmises par ses ancêtres. Ce type

d'élevage se base sur le pâturage, le principe se résume à transhumier vers le nord pendant le printemps à la quête de l'herbe "achaba" et le retour vers le sud se fait en automne "azzaba".

### **5.1.2 Le système agropastoral**

L'alimentation dans ce type d'élevage est composée en grande partie de pâturage à base de résidus de récoltes, complétement par la paille d'orge et de fourrage sec ; les animaux sont abrités dans des bergeries (Adamou et al, 2005).

Ce mode d'élevage se caractérise par une reproduction naturelle, non contrôlée que ce soit pour la charge bélier/brebis, la sélection, l'âge de mise à la reproduction ou l'âge à la réforme, l'insuffisance de ressources alimentaires surtout dans les parcours steppiques ou se situe la plus grande concentration ovine (Mamine, 2010), les élevages sont de type familial, destinés à assurer l'autoconsommation en produits animaux et à fournir un revenu qui peut être conséquent les bonnes années (forte pluviométrie) (CN AnGR, 2003).

### **5.2. Système semi-extensif**

La sédentarisation des troupeaux au niveau des hauts plateaux, est à l'origine d'un système de conduit semi-intensif qui associe l'élevage à la céréaliculture en valorisant les sous produits céréaliers (chaumes, paille) (Mamine, 2010). Ce système est répandu dans des grandes régions de cultures ; par rapport aux autres systèmes d'élevage il se distingue par une utilisation modérée des aliments et des produits vétérinaires.

Les espèces ovines sont localisées dans les plaines céréalières, les animaux sont alimentés par pâturage sur jachère, sur résidus de récoltes et bénéficient d'un complément en orge et en foin (Adamou et al. 2005).

### **5.3 Système intensif**

Contrairement au système extensif, ce type de système fait appel à une grande consommation d'aliments, une importante utilisation de produits vétérinaires ainsi qu'à des équipements pour le logement des animaux (Adamou et al. 2005).

Ce système est destiné à produire des animaux bien conformés pour d'importants rendez-vous religieux (fête du sacrifice et mois de jeûne) et sociaux (saison des cérémonies de mariage et autres), il est pratiqué autour des grandes villes du nord et dans certaines régions de l'intérieur, considéré comme marché d'un bétail de qualité. L'alimentation est constituée de concentré, de foin et de paille, de nombreux sous produits énergétiques sont aussi incorporés dans la ration (CN AnGR, 2003).

## **6. Contraintes majeurs de l'élevage ovin en Algérie**

L'élevage ovin est handicapé par plusieurs facteurs, parmi lesquels : l'absence d'appui technique sur le terrain, absence de politique d'élevage appropriée, les éleveurs sont livrés à eux même menant leurs troupeaux selon leur connaissances ancestrales (Dekhili, 2010). Selon Mamine (2010), l'élevage ovin en Algérie est pratiqué de manière extensive se référant à un mode de conduite traditionnelle qui limite la productivité du cheptel ovin, aussi ce mode d'élevage se caractérise par :

- Une reproduction naturelle, non contrôlée que ce soit pour la charge bélier/ brebis, la sélection, l'âge de mise à la reproduction ou l'âge à la réforme.
- L'insuffisance de ressources alimentaires surtout dans les parcours steppiques où se situe la plus grande concentration ovine, avec le plus souvent un nomadisme fonction de la disponibilité fourragère laquelle est tributaire des conditions climatiques.
- Les mauvaises pratiques d'élevages conséquentes au faible niveau de technicité des éleveurs.

Selon Harkat et Lafri (2007), 75% du cheptel ovin se trouvent concentrés dans la steppe et conduit en système extensif qui se caractérise par sa forte dépendance vis-à-vis de la végétation naturelle très ligneuse et donc demeure très influencé par les conditions climatiques.

Ce qui au demeurant, engendre une faible productivité de l'élevage ovin. Ce faible taux de productivité ajouté à un poids de carcasse relativement faible concourt à une insuffisance de la production de viandes rouges. Aussi une diminution de la production ovine n'est qu'une conséquence de l'interaction de plusieurs facteurs (exode rural, sécheresse) mais aussi l'archaïsme de nos élevages à sa part de responsabilité.

Selon Bencherif (2011), l'élevage pastoral des ovins est soumis à de fortes incertitudes liées aux aléas climatiques et aux variations des prix des animaux et des grains, ce qui peut expliquer la faiblesse des investissements et du niveau de productivité.

Si un jour l'Algérie devait s'en sortir de la dépendance alimentaire et en finir avec l'importation de viandes rouges, c'est par le biais des ovins qu'elle pourra le faire, pour cela la productivité des troupeaux doit être maximisée à travers une production élevée. Le bénéfice immédiat de cette production élevée, serait un revenu plus élevé par troupeaux et donc la spéculation ovine devient plus intéressante aux yeux des éleveurs (Dekhili, 2010). Aussi l'évolution vers de nouveaux systèmes de production ovine peut être accompagnée de formes d'amélioration génétique et d'intégration des activités d'élevage (Benyoucef *et al.*, 2000).

# Chapitre 2. Nutrition et alimentation des ovins

L'alimentation des ovins nécessite la connaissance de certains principes de base en nutrition. Il faut savoir que cette espèce est avant tout un ruminant. Elle partage, à ce titre, des particularités avec d'autres ruminants. Elle possède également plusieurs spécificités propres à son espèce. Ainsi, le but du présent ouvrage consiste en la révision de l'anatomie et de la physiologie de cet animal. Puis, en parcourant les besoins nutritionnels, le lecteur sera guidé vers les différents aliments à choisir pour combler ces besoins. Finalement, des conduites d'élevage seront proposées. IL existe une quantité non-négligeable de documentation scientifique chez les ovins. Toutefois, des études faites chez d'autres espèces sont quelques fois pertinentes et seront utilisées à l'occasion dans ce document.

## 1- Système digestif

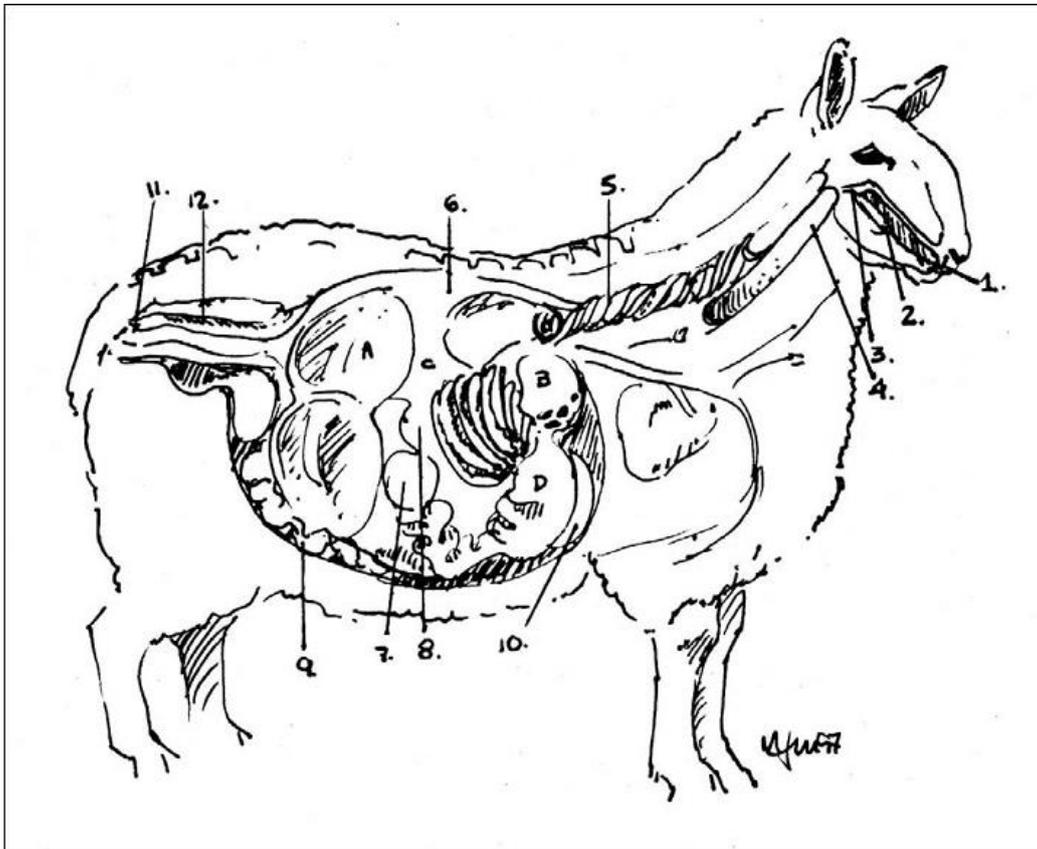
### 1.1 Anatomie

Les aliments ingérés se retrouvent dans le plus gros compartiment soit le rumen ou la panse. Celle-ci est représentée en A sur la figure 1. Sur cette illustration en deux dimensions, il n'est pas facile de visualiser le positionnement du rumen. Il est placé du côté gauche de l'animal, tel qu'illustré sur la figure 1. Le réseau, ou réticulum, représenté en B sur la figure 1 et sur la figure 2, n'est pas séparé du rumen par une barrière physique, comme un sphincter par exemple. C'est pourquoi on parle souvent du compartiment réticuloruminal. La figure 2 représente l'estomac d'un caprin. Celle des ovins ressemble tout de même à l'illustration sur la figure 2. Le feuillet ou l'omasum représenté en B sur la figure 1 et aussi sur la figure 2 est constitué de multiples lamelles semblables à des feuilles d'un livre, d'où son nom de feuillet. Les particules ruminales suffisamment petites, des produits de fermentation, des microbes ainsi que de l'eau atteignent l'omasum par l'orifice réticulo-omassal.

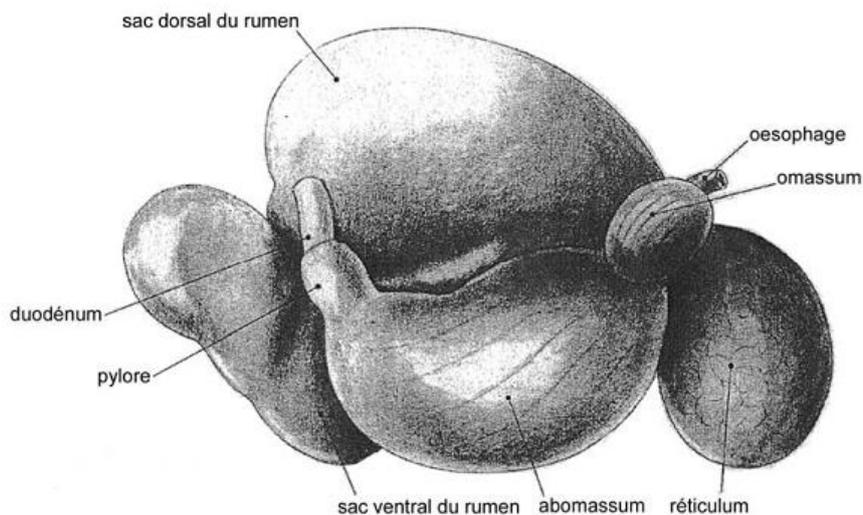
La figure 1 illustre les principales parties du système digestif de l'ovin. Il se compose des parties suivantes.

1. Incisives
2. Langue
3. Épiglote
4. Larynx

5. Œsophage
6. Estomac :( A. Panse, B. Réseau, C. Feuillet, D. Caillette).
7. Pylore
8. Duodénum
9. Petit intestin
10. Foie
11. Anus
12. Rectum



**Figure 1:** Illustration du système digestif de l'ovin.



**Figure 2:** Illustration des quatre compartiments stomacaux de l'espèce caprine (NRC 2007).

Finalement, la caillette ou l'abomasum représenté en D sur la figure 1 et sur la figure 2 constitue le dernier compartiment stomacal avant d'atteindre le petit intestin. On appelle ce compartiment caillette, car chez le jeune pré ruminant, la tétée initie la fermeture d'une structure, qui disparaît avec l'âge, la gouttière œsophagienne. Cette dernière entraîne le lait ingéré par le chevreau directement dans la caillette où le bas pH le fait coaguler ou cailler.

### 1.2 .Physiologie de la digestion

L'assimilation des aliments commence avec la prise alimentaire. Les ovins sont dépourvus d'incisives supérieures. Leurs huit incisives inférieures se referment sur un bourrelet cartilagineux que l'on appelle le *bourrelet dentaire* ou le *coussinet dentaire*. Les ovins saisissent les aliments avec leurs lèvres et les coupent, s'il y a lieu, avec leurs incisives. Cette méthode de préhension leur permet de saisir les herbages plus courts que 2 cm, contrairement aux bovins.

Le bol alimentaire se retrouve ensuite dans le rumen. Ce dernier demeure en contractions qui créent des vagues. Ces contractions, environ 2 500 par jour, permettent aux micro- organismes de rester en contact avec les particules alimentaires et de les dégrader.

Les particules grossières présentes dans le rumen stimulent la régurgitation d'un bol alimentaire. Ce dernier fait à nouveau l'objet d'une mastication et d'une insalivation avant d'être ravalé. Ce processus de rumination occupe une place importante dans l'activité d'un ruminant. Ainsi, dans une journée, il peut y avoir plus de 13 périodes de rumination d'environ 20 minutes chacune, et de 1 100 à 1 600 périodes de mastication (Beauchemin et Iwaasa 1993 ; INRA 1988).

La rumination facilite l'action des micro-organismes en réduisant la taille des particules alimentaires. Le temps de rumination demeure nettement plus faible pour un aliment concentré comparativement à un bon fourrage ou à de la paille.

Ainsi, par kilogramme de matière sèche, cela prendra respectivement de cinq à dix minutes, contre 30 à 60 minutes (INRA 1988). Pour de l'ensilage de maïs, on parle de 20 minutes de rumination par kilogramme de matière sèche.

Les différents micro-organismes qui composent la population microbienne englobent des bactéries, des protozoaires et des champignons. La population bactérienne constitue l'essentiel de la fermentation. On retrouve plus de 200 espèces de bactéries très actives. Chaque millilitre de contenu ruminal contient environ 10 milliards de bactéries.

La plupart se collent aux particules alimentaires, d'où elles attaquent les parois et le contenu cellulaire. Beaucoup de bactéries fonctionnent en complémentarité entre elles. En effet, certaines dégradent une partie de la plante, alors que d'autres se servent de ces produits de dégradation pour croître et digérer d'autres fractions alimentaires qui servent à la croissance d'autres bactéries, et ainsi de suite.

Les protozoaires demeurent également très nombreux dans le rumen. On peut en retrouver jusqu'à cinq millions par millilitre de contenu ruminal (INRA 1988). Ils participent également à la dégradation des aliments et compétitionnent avec les bactéries, qu'ils consomment en abondance. De plus, bien que leur contribution demeure peu importante dans la dégradation des particules alimentaires, il semble que leur présence soit plutôt favorable à la digestion des fourrages et à la santé générale de l'animal.

Parfois, le rumen comprend aussi des champignons microscopiques. Leur contribution dans la digestion des particules alimentaires demeure peu connue et probablement très modeste. L'animal rumine tant et aussi longtemps que la grosseur des particules n'est pas assez réduite pour pouvoir emprunter les autres compartiments stomacaux. Les aliments quittent généralement le rumen de deux façons. Premièrement, les micro-organismes du rumen dégradent presque tous les produits non lignifiés. Ces aliments, ainsi transformés en gaz ou en produits microbiens sont, soit évacués sous forme de gaz, par éructation, soit absorbés.

Deuxièmement, les particules non dégradées sont évacuées à travers un orifice qui fait communiquer le réseau et le feuillet. Cet orifice peut mesurer jusqu'à 4 cm de long et 1 cm de large. Lorsque le rumen se contracte, cet orifice s'ouvre, laissant s'écouler des particules alimentaires de moins de 4 mm. Toutefois, la majorité des particules mesurent environ 1 mm. Le contenu ruminal

se retrouve donc dans le feuillet. Beaucoup de liquide, d'acides gras volatils et d'ions minéraux sont absorbés dans ce compartiment.

Puis, un contenu moins liquide atteint la caillette. C'est le compartiment qui se rapproche le plus de l'estomac des monogastriques. On y retrouve des sécrétions digestives. Le contenu y séjourne ainsi de deux à trois heures avant d'atteindre l'intestin grêle. C'est l'endroit où les enzymes digestives, ainsi que les sucs pancréatiques et biliaires exercent leur action. L'absorption des nutriments ainsi digérés s'effectue dans l'intestin grêle.

Le côlon constitue le lieu d'absorption pour l'eau, les sels minéraux et les acides gras volatils. Ces derniers contribuent à l'apport énergétique de l'animal. Cependant, l'énergie ainsi absorbée au niveau du côlon contribue au plus à 10 % de l'énergie totale assimilée dans le tractus digestif.

En effet, il existe peu de fermentation dans le côlon et le cæcum, car la plupart des résidus qui s'y retrouvent ont déjà subi fermentation et digestion au niveau du rumen et de l'intestin grêle. De plus, les micro-organismes formés lors de cette étape se retrouvent généralement dans les fèces.

## **2- Besoins nutritionnels**

Les exigences alimentaires sont exprimées sur une base de nutriments. On définit un nutriment comme *une substance que l'animal ne peut synthétiser lui-même et dont il a absolument besoin pour survivre*. Les nutriments se trouvent naturellement dans les aliments.

### **2.1.Énergie**

Énergie utilisée par l'animal :

La forme d'énergie utilisée par les ovins pour les besoins d'entretien, de croissance, de production laitière et de reproduction provient de l'adénosine triphosphate (ATP). Ce combustible organique n'existe pas directement dans la nature. L'animal l'obtient plutôt en transformant l'énergie contenue dans les aliments qu'il ingère. Cette énergie se retrouve sous différentes formes. Généralement, ce sont les hydrates de carbone structuraux et non structuraux qui abondent le plus dans les produits végétaux et qui constituent la principale source d'énergie pour les ruminants. Puis, viennent les protides et les matières grasses.

L'énergie totale, pour chacune de ces composantes alimentaires, s'évalue par combustion dans un appareil spécialement conçu. L'unité de mesure généralement utilisée demeure la calorie. Elle se définit comme l'énergie nécessaire pour provoquer, dans un gramme d'eau à 15 °C, une augmentation de la température d'un degré Celsius. Une kilocalorie (kcal) vaut 1 000 calories (cal). Une mégacalorie (Mcal) vaut 1 000 kcal ou 1 000 000 cal. On utilise également le joule ou le

mégajoule (MJ) comme unité de mesure énergétique internationale. Pour convertir le joule en calories, on utilise le facteur suivant :

1 calorie = 4,184 joules.

L'énergie totale que dégage un aliment s'identifie comme l'énergie brute (EB). Cette valeur nous renseigne sur l'énergie maximale que l'on peut tirer d'un ingrédient. Toutefois, l'énergie brute ne signifie rien pour l'animal. En effet, en brûlant de l'amidon ou de la cellulose, on obtient la même production énergétique.

Pourtant, la cellulose possède une valeur énergétique inférieure et l'animal ne la digère pas de la même façon que l'amidon. Ainsi, il nous faut une mesure énergétique plus précise. Celle-ci s'obtient en mesurant l'énergie brute des aliments ingérés (EB aliments), de laquelle on soustrait l'énergie brute contenue dans les fèces (EB fèces). Cette nouvelle mesure s'appelle *l'énergie digestible (ED)*. On exprime l'énergie digestible soit en kcal, en Mcal ou en MJ ( $ED = EB \text{ aliments} - EB \text{ fèces}$ ).

Il demeure possible de raffiner encore plus cette mesure en soustrayant l'énergie brute contenue dans l'urine (EB urine), ainsi que celle perdue dans les gaz issus de la digestion (EB gaz). On obtient alors l'énergie métabolisable apparente (EM) qui s'exprime de la façon suivante :  $EM = ED - EB \text{ urine} - EB \text{ gaz}$ . Il faut parler ici d'énergie métabolisable apparente, car exprimée de cette façon, elle ne considère pas les pertes endogènes. Par contre, l'énergie métabolisable vraie tiendra compte de ces pertes endogènes. Cette mesure s'utilise de façon plus importante chez les monogastriques que chez les ruminants. L'unité de mesure employée pour l'énergie métabolisable demeure la même que pour l'énergie digestible, à savoir la calorie ou le joule.

Par ailleurs, la digestion des aliments dégage une certaine quantité d'énergie sous forme de chaleur. Cette « extra chaleur » de digestion devient considérable chez les ruminants qui soutiennent une importante fermentation microbienne dans le rumen. Cette chaleur peut réchauffer l'animal dans un environnement où la température extérieure se situe en dessous de la zone de confort. Autrement, cette chaleur se dissipe. Elle peut cependant le gêner dans un environnement chaud et humide. De toute façon, il faut soustraire cette énergie de l'énergie métabolisable de façon à obtenir l'énergie qui reste disponible pour l'animal.

Parallèlement, après la digestion, lorsque les nutriments sont incorporés dans les différentes voies métaboliques de l'animal, il se produit également une perte énergétique toujours exprimée sous forme « d'extra chaleur ». Par voies métaboliques, mentionnons la respiration, l'activité physique, la production laitière, la croissance, etc.

Lorsque toute l'énergie perdue sous forme « d'extra chaleur » est soustraite de l'énergie métabolisable, nous obtenons l'énergie nette ( $EN = EM - \text{« extra chaleur »}$ ). On peut également définir l'énergie nette comme *l'efficacité de l'utilisation de l'énergie métabolisable d'un aliment*. Cette efficacité varie selon les aliments et selon que l'animal utilise son énergie pour l'entretien, la croissance, la production laitière, etc. On parle alors *d'énergie nette d'entretien (ENe)*, *d'énergie nette de gain (ENg)* et *d'énergie nette de lactation (ENl)*. L'unité de mesure demeure la même que pour les autres expressions d'énergie, soit la calorie ou le joule.

## **2.2 Les protéines**

Par ailleurs, les ovins ont besoin de protéine alimentaire pour toutes sortes de fonction métaboliques. Mentionnons à titre d'exemple la synthèse du lait, des muscles, les sécrétions enzymatiques, les hormones, la laine et autres. Les protéines sont constituées d'acides aminés. On en compte une vingtaine qui selon l'agencement qu'elles font entre elles, forment les diverses protéines corporelles. Les besoins en protéine sont en réalité des besoins en acides aminés précis pour une protéine donnée. De plus, les microbes du rumen contiennent des profils en acides aminés qui correspondent assez bien dans l'ensemble à la composition des différentes protéines corporelles (tableau3). C'est pourquoi, en favorisant un milieu ruminal idéale, on favorise la production de protéine microbienne qui en se digérant dans l'intestin produit un bon profil en acides aminés pour répondre aux besoins des ovins.

**Tableau 3:** Composition en acides aminés essentiels (a.a.e.) des protéines microbiennes mixtes comparativement aux protéines tissulaires, de la caséine et de la laine (exprimé en g d'a.a.e/g de protéine).

Acides aminés	Microbes	Carcasse ovin	Caséine (chèvre)	Peau (ovin)	Laine (ovin)
Méthionine	1,6-2,5	1,8	2,54	1	0,6
Lysine	8,1-11,5	7	6,7	4,8	3,5
Histidine	1,6-2,1	2,6	2,5	1,4	1,2
Phénylalanine	4,9-5,7	3,9	4,44	3,2	3,6
Tryptophane	n/a	n/a	(1,36)	n/a	n/a
Thréonine	5,2-6,6	5	4,35	3,9	6
Leucine	7,4-8,3	7,5	8,15	5,7	7,4
Isoleucine	5,4-6,2	3,8	4,39	2,4	3
Valine	5,3-6,5	4,9	6,39	0,3	5,5
Arginine	4,6-5,3	7,3	2,57	7,9	9,1
Cystéine	2,0-2,6	0,9	0,7	3,5	9,8

Na = Valeur estimée à partir de la séquence génétique de la caséine de bovin.

a Source NRC (2007)

Les besoins en protéines dégradables sont estimés chez les ovins par la relation suivante (NRC 2007) :

$$\text{DIP (\% des UNT, base M.S.)} = (0,13 \text{ UNT}) - (0,022(20\text{NDFe}))$$

Où : DIP = Protéine dégradable dans le rumen requise, exprimée en % des UNT de la ration, sur une base de M.S.

UNT = Unités nutritives totales

NDFe, % = Fibres NDF efficaces.

Facteur de correction si NDFe < 20 %.

Autrement, on omet la correction pour la fibre efficace.

Les apports en protéines métabolisables recommandés tiennent compte des pertes obligatoires et d'un niveau de parasitisme sous-clinique tel que rencontré en production (NRC 2007). On a établi des équations de prédiction pour les divers stades physiologiques.

Pratiquement, on mesure la protéine brute des aliments, Lorsqu'on rapporte les besoins en protéine des ovins, la conversion des protéines métabolisables en protéines brutes s'avère très utile.

Le NRC (2007) propose la relation suivante :

$$CP = MP \div ([64 + (0,16 \times \% \text{UIP})] \div 100)$$

Où : CP = Protéine brute

MP = Protéine métabolisable

UIP = Protéine non dégradable ingérée

### **2.2.1 Apports de protéines alimentaires**

Une multitude d'ingrédients peuvent contribuer à un apport de protéines dans les aliments des ovins. Ainsi, les concentrés énergétiques, comme le maïs et l'orge, contiennent non seulement de l'énergie, mais également des protéines, La même remarque s'applique aux fourrages. On utilise les compléments protéiques spécifiques, le tourteau de soya entre autres, pour équilibrer le régime alimentaire des animaux selon leur stade physiologique.

Ainsi, il n'existe pas d'ingrédients universels ni de recette miracle. Ce qui devient idéal pour une ferme en fonction du potentiel génétique des animaux, de la gestion, des disponibilités des aliments et des objectifs des propriétaires, peut constituer un mauvais choix pour une autre entreprise qui diffère par un ou plusieurs de ces éléments.

Cette situation explique le grand nombre de produits disponibles sur le marché. Que l'on pense à l'urée qui a encore sa place dans certaines situations. Que l'on pense à des suppléments plus conventionnels comme du tourteau de soya. Que l'on pense à des compléments très sophistiqués comme des mélanges de farine de poisson, de sang, de peptides et d'acides aminés protégés. Ainsi, tous ces produits répondront aux besoins d'une entreprise ou d'une autre.

L'évaluation individuelle de chaque situation permet de choisir les ingrédients en fonction de chacun des cas. Cette étape demeure essentielle et préalable à toute élaboration de programmes alimentaires.

Finalement, les matières azotées ingérées par les ruminants s'imbriquent dans un métabolisme complexe de nutriments que les travaux de recherches effectués jusqu'à maintenant ont à peine

réussi à comprendre et à expliquer (Baldwin et al., 1994; Armentano, 1994). Par conséquent, on peut s'attendre à voir apparaître plusieurs résultats de travaux de recherches portant sur les matières azotées, les ingrédients qui les contiennent, leurs interactions entre elles et le métabolisme de l'animal.

### **2.3.Hydrates de carbone ou glucides**

De tous les nutriments qu'ingèrent les ovins, les hydrates de carbone représentent généralement la fraction la plus importante. On les subdivise en hydrates de carbone structuraux et non structuraux.

Les hydrates de carbone structuraux ou fibres forment le squelette de la plante et sont déterminés par l'analyse de la fibre détergente neutre (NDF). Plus la plante vieillit, plus elle devient rigide et plus sa teneur en hydrates de carbone structuraux augmente. Ces derniers se composent principalement de cellulose et d'hémicellulose.

La lignine ne figure pas parmi ceux-ci, car elle est à base de polymères polyphénoliques. Toutefois, elle s'associe avec les hydrates de carbone structuraux, les rendant plus difficiles à digérer. Tous ces composés constituent la fibre des plantes. Elle s'évalue par des analyses en laboratoire.

Les fibres alimentaires contribuent au bon fonctionnement du rumen. En ce sens, elles restent un élément essentiel de la ration. Les fibres des aliments sont formées des hydrates de carbone structuraux contenus dans les plantes. Ces hydrates demeurent généralement la partie la moins digestible de la plante. La fraction « fibre brute » d'une analyse comprend la cellulose et une partie de l'hémicellulose et de la lignine des plantes. De plus, l'analyse ne fait pas la distinction entre ces différents constituants. C'est pourquoi la mesure de la fibre brute ne donne pas la valeur précise de la fibre totale des plantes.

La cellulose et l'hémicellulose peuvent subir une digestion considérable dans le rumen. Par contre, la lignine se digère difficilement. Sur cette base, Akin (1986) mentionne une certaine activité digestive de certains champignons microscopiques, les mycètes, du rumen sur la lignine. Par l'analyse des fibres détergentes acides (ADF) et des fibres détergentes neutres (NDF), on peut préciser un peu plus les différents constituants d'un tissu végétal.

## **2.4 Lipides**

Les lipides forment un groupe de composés qui se partagent certaines caractéristiques. Ils sont relativement insolubles dans l'eau, mais se dissolvent dans les liquides non polaires tels que l'éther, le chloroforme et le benzène. On classe les lipides en trois grandes catégories. Dans la première, se retrouvent les lipides simples, qui incluent les esters d'acide gras avec généralement du glycérol.

Les huiles, les graisses et les cires forment ce groupe. La seconde catégorie renferme les lipides composés et regroupe les phospholipides, les lipoprotéines et les autres composés similaires. Finalement, la troisième catégorie contient les lipides dérivés de l'hydrolyse des deux groupes précédents : stérols, glycérols, stéroïdes, corps cétoniques, cholestérol, cholestéryl esters et autres.

Les lipides regroupent donc un nombre imposant de composés différents qui ont des fonctions très importantes dans le corps de l'animal. Mentionnons, à titre d'exemple, que les lipides peuvent jouer un rôle de réserve d'énergie pour les cellules de l'animal et servir d'isolant thermique ou électrique dans les nerfs pour assurer la transmission des influx nerveux. Ils contribuent également au transport d'autres lipides et des vitamines liposolubles dans le sang. Dans la cellule, ils font partie intégrante des membranes cellulaires, des mitochondries, etc.

## **2.5 .Minéraux majeurs**

- Les éléments minéraux majeurs : appelés aussi macro-éléments, ils sont présents dans l'organisme en quantités relativement importantes et représentent plus de 80% des éléments minéraux de l'organisme animal ; leurs apports alimentaires s'expriment en g/kg de MS de la ration (Meschy, 2010). Cette catégorie regroupe les éléments suivants : Calcium (Ca), Phosphore (P), Magnésium (Mg), Potassium (K), Sodium (Na), Chlore (Cl) et Soufre (S).

### **2.5.1. Calcium et Phosphore**

Le calcium et le phosphore sont les deux éléments les plus abondants dans le corps de l'animal, ils sont souvent trouvés en quantités insuffisantes dans les aliments communs pour répondre aux exigences des animaux. Ils sont très étroitement liés, un déficit ou un excès de l'un des deux aura interféré avec l'utilisation appropriée de l'autre.

#### **a) Calcium**

##### **✓ Absorption**

Le calcium est absorbé dans l'intestin grêle selon deux processus différents : un transport actif transcellulaire, saturable et soumis à des régulations nutritionnelles et physiologiques et une diffusion paracellulaire dépendant principalement de la concentration du calcium dans la lumière intestinale (Yano et al, 1991 cité par Meschy et Guéguen, 1995).

L'absorption transcellulaire de Ca intervient principalement dans la partie proximale de l'IG (duodénum) (Meschy et Guéguen, 1995 ; Jean-Blain, 2002), cette absorption s'effectue en trois étapes successives :

- La pénétration dans l'entérocyte intervient au niveau de la bordure en brosse selon un processus de diffusion passive (concentration de  $\text{Ca}^{2+}$  de plus de 1mmol/L dans la lumière intestinale et de moins de 1mmol/L dans l'entérocyte), ce transport est facilité par une protéine transporteuse appelée calcium binding protein (CaBP) ;

- Ensuite une diffusion du pôle apical vers le pôle basal de l'entérocyte au cours de laquelle le  $\text{Ca}^{2+}$  se lie à des molécules transporteuses notamment la CaBP cytoplasmique ou à des constituants cellulaires comme les mitochondries ;

- Puis la sortie de l'entérocyte par la membrane basolatérale qui met en jeu un transport actif contre le gradient de concentration qui implique soit une ATPase soit un échange entre  $\text{Ca}^{2+}$  cytoplasmique et  $\text{Na}^{+}$  extracellulaire (Meschy et Guéguen, 1995 ; Meschy, 2010). Cette voie d'absorption est particulièrement importantes quand l'apport alimentaire est faible ou la demande tissulaire est importante (début de lactation) (Sklan et Hurwitz, 1985 cité par Meschy, 2010).

L'absorption du calcium par la voie paracellulaire se fait tout au long du tractus intestinal selon un mécanisme de simple diffusion (Meschy, 2010), cette diffusion simple augmente quand la voie transcellulaire est ralentie et inversement (Meschy et Guéguen, 1995).

Chez les ruminants le calcium n'est pas seulement absorbé dans l'intestin grêle, une portion non négligeable peut être déjà absorbé dans le rumen (Timet et al, 1981), cette absorption est fortement corrélée à la concentration de  $\text{Ca}^{2+}$  dans le milieu : elle est négative pour des valeurs inférieures à 1mmol/L et devient significative entre 1 et 4mmol/L (Höller et al, 1988 cité par Meschy, 2010). La calcémie des ovins varie de 115-128 mg/l (Kaneko et al, 2008). Le pourcentage d'absorption du calcium diminue avec l'âge, un apport élevé de Ca et un faible apport de vitamine D (Ammerman et Goodrich, 1983).

#### ✓ Excrétion

Chez les ruminants le calcium est éliminé avec l'urine et les fèces, La voie principale de l'excrétion du calcium est fécale (Ammerman et Goodrich, 1983 ; Meschy, 2010). Le calcium fécal est surtout d'origine alimentaire (Ca non absorbé) mais une partie peut être d'origine endogène et

résulte à la fois du renouvellement de la muqueuse intestinale et de la partie non réabsorbée des sécrétions digestives en particulier des sels biliaires pour le Ca (Meschy et Géuguen, 1995). L'élimination urinaire du Ca est minime à cause de la réabsorption rénale (Ammerman et Goodrich, 1983).

#### ✓ Répartition

Selon Rosol et Capen (1997), le calcium se trouve localisé dans l'organisme animal de la manière suivante :

- La majorité du calcium de l'organisme est localisé dans la partie minérale des os (99%) ;
- La plupart du Ca qui reste (0.9%) est séquestré dans la membrane plasmique et le réticulum endoplasmique des cellules ;
- Le liquide extracellulaire contient 0.1% du Ca total du corps ;
- Il existe très peu de Ca dans le cytoplasme des cellules.

Le calcium osseux se trouve principalement sous forme de cristaux d'hydroxyapatite ( $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) qui constitue l'essentiel de la matière minérale des os (Jean-Blain, 2002 ; Evans, 2009).

Le calcium extra-osseux se trouve sous trois formes :

- Ionisé biologiquement actif qu'est le plus important du point de vue physiologique ;
- Lié aux protéines (albumine et globuline) ;
- A un moindre degré lié aux acides organiques (citrate) et inorganiques (sulfate et phosphate) (Coles, 1979 ; Meschy, 2010 ; Carafoli, 1991 cité par Suttle, 2010).

#### ✓ Rôles physiologiques

Le calcium est le minéral le plus abondant dans l'organisme dont le rôle principal est la formation du squelette, ce squelette en plus de son rôle de soutien aux muscles et de protection des organes et des tissus, il joue aussi un rôle essentiel de réservoir de minéraux (Meschy et Guéguen, 1995). Donc 99% du calcium de l'organisme se trouve dans les os sous forme d'hydroxyapatite, la zone interne du cortex osseux est plus riche en cristaux d'hydroxyapatite ce qui lui confère sa dureté tandis qu'en surface ces cristaux sont en cours de formation ; il existe donc à ce niveau une proportion de  $\text{Ca}^{2+}$  libre très facilement mobilisable vers le secteur sanguin (Shane et Bilezikian, 1995 cité par Moinecourt et Priymenko, 2006). Le calcium extra-osseux malgré sa faible proportion, joue plusieurs rôles essentiels au sein de l'organisme animal :

- Le calcium est un messager intracellulaire, il intervient dans la transmission neuromusculaire ;
- Il intervient dans la contraction musculaire et cardiaque ;
- Il est essentiel dans le processus de la coagulation du sang car il est nécessaire à la transformation de la prothrombine en thrombine active ;
- Il intervient dans le déclenchement de la réponse immunitaire
- Il intervient dans la production du lait (Jean-Blain, 2002 ; Meschy, 2010).
- Il intervient dans l'intégrité des membranes cellulaires et comme un cofacteur dans les systèmes enzymatiques (Ammerman et Goodrich, 1983).

## B) Phosphore

### ✓ Métabolisme du phosphore

Le métabolisme du phosphore chez les ruminants est compliqué à cause de :

- Une quantité importante de P est incorporée dans la population microbienne du rumen en tant que composant de leurs acides nucléiques et phospholipides ;
- Une sécrétion abondante de salive riche en P veille à ce que le régime alimentaire est la source mineure de phosphore entrant le rumen (Clark et al. 1973 cité par Iqbal et al. 2005 ; Suttle, 2011).

### ✓ Absorption

L'absorption du phosphore se fait au niveau de l'intestin grêle et principalement au niveau du duodénum et jéjunum bien que le gros intestin puisse être un site d'absorption secondaire (Breves et al. 1995 cité par Meschy, 2010). Chez le mouton, le phosphore est absorbé essentiellement au niveau du jéjunum et leur absorption étant beaucoup plus faible au niveau de l'iléon et de duodénum pour devenir négligeable dans le gros intestin (Pfeffer et al. 1970 cité par Barlet et al. 1995).

L'absorption préintestinale du phosphore dépend largement de la concentration en phosphore inorganique dans le rumen, cette absorption se fait par un mécanisme de simple diffusion (Breves et al., 1988 ; Beadsworth et al., 1989b cité par Meschy et Guéguen, 1995).

L'absorption du phosphore se fait par un transport actif saturable et un transport passif non saturable (Jean-Blain, 2002). Le transport actif se produit dans la partie proximale de l'IG, il est stimulé par les métabolites de la vitamine D<sub>3</sub> et il est Na-dépendant, la bordure en brosse des

entérocytes renferme un système de co-transport permettant simultanément l'entrée de sodium et de phosphore dans les entérocytes (Danisi et Straub, 1980 cité par Klasing et al., 2005 ; Jean-Blain, 2002) et le transport passif a lieu principalement dans le jéjunum et l'iléon, cette voie d'absorption est liée à la concentration du phosphore dans l'alimentation et dans la lumière intestinale (Klasing et al., 2005).

Les interactions du phosphore avec d'autres minéraux tels que Ca, Mg, Mn, K, Fe, Zn, Mo et Al réduisent le coefficient d'absorption de P du fait de la formation des particules insolubles et non absorbables avec le P (McDowell, 1992 cité par Iqbal et al., 2005).

#### ✓ Excrétion

L'excrétion de phosphore chez les monogastriques est principalement urinaire, cependant chez les ruminants l'excrétion de P se fait principalement par les fèces et l'excrétion urinaire peut se produire seulement sous certaines conditions (Bromfield et Jones, 1970 cité par Iqbal et al., 2005). L'excrétion urinaire de phosphore ne peut se produire que lorsque le niveau plasmatique de phosphore inorganique est dépassé 45-60 mg/L. Chez les ovins l'excrétion de P est < 2.5% quand l'apport journalier de P est < 75 mg/kg de PV. L'excrétion urinaire de phosphore varie selon le type de la ration (Dove et Charmely, 2004 ; Scott et al., 1985 cité par Freer, 2007). Selon Pfeffer et Hristov (2005), l'excrétion fécale du phosphore peut être divisée en trois fractions qui sont :

- Une portion du phosphore est inévitablement excrétée dans les fèces qui est indépendante de l'apport de P, cette portion résulte soit à partir du métabolisme de l'animal ou des microorganismes du tractus digestif ;

- Si l'apport de P est supérieur à l'apport nécessaire pour les pertes inévitables et les besoins de croissance, de reproduction et de lactation, cet excédent de P est excrété pour maintenir l'homéostasie ;

- Une fraction du P contenu dans les aliments peut être présente dans une liaison chimique qui ne peut être absorbée, cette fraction peut être importante chez les non-ruminants mais elle est pratiquement négligeable chez les ruminants en raison de la décomposition microbienne des phytates dans le rumen.

#### ✓ Répartition

Le phosphore est le second minéral le plus abondant dans le corps de l'animal, environ 80% est trouvé dans les os et les dents et l'autre 20% de phosphore est distribué dans les fluides et les tissus mous du corps animal (Suttle, 2010). Le phosphore localisé au niveau des os principalement

sous forme de cristaux d'hydroxyapatite  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$  qui constitue l'essentiel de la matière minérale de l'os (Jean-Blain, 2002).

Le phosphore est relativement abondant dans les tissus mous et les plus riches étant le foie, le cerveau, et les muscles (2.7 à 4.5 g/kg) ; il est le principal anion intracellulaire existant sous forme organiques (phospholipides, acides nucléiques, phosphoprotéines, ATP) et inorganique. Le phosphore se trouve dans le sang sous forme d'ester organique à l'intérieur des hématies et dans le plasma se forme de phospholipide et de phosphate inorganique (80% monophosphate ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) et 20% dihydrogénophosphate ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )) qui constitue la partie mesurée dans le sang, le phosphate circule en association avec des protéines ou bien avec  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , et  $\text{Mg}^{2+}$  (Coles, 1979 ; Rosol et Capen, 1997 ; Jean-Blain, 2002). La phosphatémie chez les ovins varie de 50-73 mg/l (kaneko et al, 2008).

#### ✓ Rôles physiologiques

Le phosphore est un élément essentiel impliqué non seulement dans le développement des os, la croissance et la productivité mais aussi dans la plupart des processus métaboliques de l'organisme animal.

- La fonction essentielle du phosphore d'un point de vue quantitative est la formation et l'entretien de l'os (Suttle, 2010), grâce à la résorption osseuse l'os fonctionne aussi comme un important réservoir de phosphore lorsque les exigences en P de l'organisme animal dépassent les apports alimentaires (Minson, 1990 cité par Karn, 2001).

- Le phosphore est également essentiel pour le transfert de l'information génétique, car le phosphore est un constituant de l'ADN et l'ARN qui sont des éléments essentiels pour la croissance et la différenciation cellulaire, le P comme un constituant des phospholipides il contribue à la fluidité et l'intégrité de la membrane cellulaire et à la myélinisation des nerfs. Il intervient aussi dans la glyconéogenèse, transport des acides gras, synthèse des acides aminés et des protéines et l'activité de la pompe d'ions sodium / potassium ; le phosphore aide aussi à maintenir l'équilibre acido-basique (NRC, 1984 cité par Karn, 2001 ; Suttle, 2010).

- Le phosphore joue comme un constituant de l'ATP un rôle universel dans les mécanismes de transferts d'énergie. Chez les ruminants, le phosphore est indispensable pour assurer à la micropopulation du rumen un métabolisme optimal, donc toute carence en P perturbe les processus fermentaires (dégradation de la cellulose, synthèse de protéines microbienne) (Jean-Blain, 2002).

#### ✓ Homéostasie Phosphocalcique

L'homéostasie phosphocalcique est contrôlée par un triple système hormonal ; la parathormone (PTH), La calcitonine et le 1,25 dihydroxycholécalférol. Chacune de ces hormones est sensible aux variations de la calcémie et va intervenir sur trois tissus cibles ; l'intestin, l'os et le rein (Meschy, 2010).

Lorsque la calcémie est diminuée, la PTH est produite et stimule la production de 1,25 dihydroxycholécalférol qui augmente le niveau de Ca dans le sang en augmentant l'absorption intestinale de Ca et il agit avec la PTH pour augmenter la résorption du Ca à partir de l'os ; aussi la PTH baisse l'excrétion urinaire de calcium et quand la calcémie est élevée la production de calcitonine est initiée. La calcitonine inhibe la production de PTH en réduisant ainsi l'adsorption intestinale de Ca et leur résorption osseuse (Ammerman et Goodrich, 1981). Les variations de la calcémie sont le véritable moteur de la régulation du métabolisme phosphocalcique, les modifications des flux de phosphore n'en sont que la conséquence (Meschy, 2010).

### **2.5.2. Magnésium**

L'absorption du magnésium se fait majoritairement dans le réticulo-rumen chez le ruminant adulte (Robson et al, 1997 cité par Meschy, 2010) et principalement dans l'intestin grêle chez le jeune ruminant (Klasing et al, 2005 ; NRC, 2007 cité par Meschy, 2010)

Selon Suttle (2011), l'absorption du magnésium dans le rumen se fait par deux mécanismes ; un transport actif contre un gradient électrochimique à travers la muqueuse ruminale et un transport passif qui se fait quand l'apport alimentaire en Mg est important, le transport actif domine quand l'apport en Mg est faible et il est Na-dépendant.

L'efficacité de l'absorption de Mg est largement déterminée par les conditions physico chimiques du rumen (Meschy et Guéguen, 1995) ; l'augmentation de la concentration ruminale de potassium provoque une augmentation de la différence de potentiel transmembranaire (ddpt) ce qui diminue l'absorption du Mg (Fisher et al., 1994 cité par Rosol et Capen, 1997), l'augmentation de la concentration en phosphates dans le rumen en diminuant la ddpt favorise l'absorption de Mg (Beardsworth et al., 1989b cité par Meschy, 2010).

Chez les ovins, l'absorption du Mg dans le rumen est également réduite par une augmentation du pH et de la concentration d'ammoniac dans le rumen mais ce dernier effet pourrait être de courte durée en raison de l'adaptation de la microflore (Suttle, 2011). Chez toutes les espèces, la fraction du magnésium alimentaire absorbé décroît avec l'âge (Jean-Blain, 2002).

### ✓ Excrétion

L'excrétion du magnésium se fait à la fois par le tractus gastro-intestinal et le rein. Chez les ovins, l'excrétion urinaire du Mg est largement supérieure à l'excrétion fécale endogène (Larvor, 1976 cité par Matsui, 2007).

- L'excrétion fécale : La plupart du Mg excrété se trouve dans les matières fécales, le Mg fécale est constitué par le Mg non absorbé des aliments et le Mg endogène fécale (Coles, 1979 ; Rosol et Capen, 1997). Chez les ruminants, l'excrétion fécale endogène de magnésium est constante. Elle est chez le mouton de 3mg/kg de PC (Jean-Blain, 2002).

- L'excrétion urinaire : Les reins jouent un rôle majeur dans le maintien de l'homéostasie du Mg. Si le Mg est absorbé dans le tractus gastro-intestinal en quantité supérieure aux besoins de l'organisme, il est excrété par les reins (Rosol et Capen, 1997 ; Martens, 2011). L'excrétion urinaire du magnésium constitue un reflet très exact de l'apport alimentaire. Le magnésium se comporte comme une substance à seuil, l'excrétion urinaire ne devenant significative qu'à partir d'une concentration plasmatique voisine de 18 mmol/l (Meschy, 2010).

### ✓ Répartition

Environ 70% du magnésium du corps se localise au niveau du squelette, Le reste du Mg étant contenu dans les cellules (29%) et dans le liquide extracellulaire (1%) (Sutter et Roche, 2011). La concentration intracellulaire du Mg est d'environ 36mg/100ml contre environ 2,4mg/100ml dans le plasma (Simesen, 1970 cité par Coles, 1979).

Le magnésium intracellulaire existe sous une forme libre ionisée (1%) qu'est facilement interchangeable et une forme liée (99%) où le Mg est généralement lié avec de l'ATP ou des apoenzyme protéines (Rosol et Capen, 1997). La magnésémie normale chez la plupart des espèces domestiques oscille entre 18-25 mg/l (1.5-2 mEq/l) (Jean-Blain, 2002).

D'après Evans et Parsons (1988) cité par Rosol et Capen (1997) environ 70-80% de Mg sérique est ultrafiltrable (ion libre ou bien complexé avec de phosphate, citrate ou d'autres composés) et 20% du Mg sérique se trouve lié aux protéines essentiellement l'albumine et la globuline.

### ✓ Rôles physiologiques

Le magnésium a un rôle essentiel dans un grand nombre de processus physiologiques, tel que le métabolisme des protéines et des acides nucléiques, la transmission neuromusculaire et la contraction musculaire, la croissance et le métabolisme osseux, la régulation de la pression sanguine et il agit comme un cofacteur de nombreux enzymes (Cashman, 2011).

Le magnésium est essentiellement un cation intracellulaire et fonctionne comme un activateur ou un catalyseur de plus de 300 enzymes dans le corps comme les phosphatases et les enzymes qui utilisent l'ATP, notamment c'est le complexe  $Mg^{2+}$

- ATP et non l'ATP seule qui est donneur de phosphate dans la plupart des réactions de phosphorylation (Heaton, 1990 cité par Rosol et Capen, 1997 ; Shils, 1997 cité par Meshy, 2010).

Selon Jean-Blain (2002) le magnésium joue un rôle important dans l'excitabilité neuromusculaire conjointement avec le sodium, le potassium et le calcium ; ainsi le Mg comme le Ca forme des complexes avec les phospholipides de la membrane plasmiques et de la membrane mitochondriale et il joue probablement à ce niveau un rôle stabilisateur des membranes et intervient avec le calcium dans les modifications de la fluidité membranaire associées à l'endocytose et à l'exocytose.

### **2.5.3. Le potassium, le sodium et le chlore**

Le potassium, le sodium et le chlore constituent les minéraux les plus abondants dans l'organisme après le calcium et le phosphore ; ils sont étroitement liés dans de nombreuses fonctions physiologiques dont notamment le maintien de la pression osmotique intra- et extracellulaire. Le potassium est majoritairement intracellulaire alors que le sodium et le chlore sont principalement extracellulaires.

#### a) Le potassium

### ✓ Absorption

Chez les ruminants l'absorption de potassium se fait presque entièrement dans la partie proximale de l'intestin grêle et obéit à un mécanisme de diffusion selon un gradient de concentration (Ammerman et Goodrich, 1981 ; Hornbake et Tennant, 1997 ; McDowell, 2003 cité par Klasing et al., 2005). L'absorption du potassium a également lieu dans le rumen, le feuillet, la partie inférieure de l'intestin grêle et dans le gros intestin mais avec une petite quantité dans les deux derniers sites, aussi chez les ruminants une quantité importante de potassium absorbé provient à partir des sécrétions salivaires qui sont riches en potassium (McDowell, 1992 cité par Klasing et al., 2005) ;

plus de 50% de potassium entrant dans le rumen est absorbé et cette absorption se fait de façon passive (Suttle, 2010). Quelle que soit la nature du régime alimentaire, l'absorption réelle du potassium est très élevée (90 à 95%) et ne semble pas perturbée par des interférences alimentaires (McDowell, 2003 cité par Meschy, 2010).

#### ✓ Excrétion

L'excrétion urinaire représente la voie principale d'excrétion de potassium (Klasing et al., 2005 ; Paquay et al., 1969 cité par Meschy, 2010). L'aldostérone est nécessaire pour des taux normaux de l'excrétion de potassium, il influe sur l'excrétion du potassium par l'activation des canaux sodiques qui permettent l'entrée du sodium à partir de la lumière des néphrons et l'excrétion de potassium (Peterson, 1997 cité par klasing et al., 2005).

conditions de stress thermique, les ruminants peuvent perdre des quantités importantes de K par la sueur (Coles,1979 ; Klasing et al., 2005). Le potassium est également sécrété dans le lait (36 mmol/l chez les ovins), sa concentration ne change pas lors d'un apport alimentaire élevé en K mais elle diminue légèrement lors d'une grave carence en potassium (Pradhan et Hemken, 1969 cité par Suttle, 2010). Selon Ammerman et Goodrich (1981) des apports élevés de sodium peuvent augmenter l'excrétion urinaire de potassium

#### ✓ Répartition

Le potassium est le troisième élément minéral le plus abondant dans l'organisme. Le potassium est le principale cation intracellulaire, leur concentration dans le liquide intracellulaire est 30 fois plus que dans le liquide extracellulaire. Presque 98% de potassium de l'organisme animal se trouve à l'intérieure des cellules et les 2% qui reste se trouve localisé dans le li quide extracellulaire (McDowell, 2003 ; Cashman, 2011 ; Satter et Roche, 2011).

L'organisme animal renferme entre 1,7 et 2,5 g/kg de PC de potassium en fonction de l'espèce et de l'âge, tous les tissus mous sont riches en K notamment le tissu hépatique et musculaire qui sont les plus riches en K (2,75-3,2 g/kg de muscle frais). Les deux tiers du potassium sont localisés dans la peau et les muscles, la concentration intracellulaire de potassium est de 150-160 mEq/l alors que leur concentration dans le plasma est de 5 mEq/l ; la répartition entre le potassium intracellulaire et extracellulaire est contrôlée par une pompe Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>+ATPase énergie dépendante. Il n'existe pas de véritable stockage du potassium dans l'organisme, ce qui souligne la nécessité d'un apport alimentaire régulier (Jean-Blain, 2002 ; Casenave, 2005 ; Meschy, 2010 ; Satter et Roche, 2011).

La distribution de potassium dans le corps est régulée par un certain nombre de facteurs, y compris la modification de l'équilibre acido-basique, l'osmolarité, l'exercice physique et certaines hormones (l'insuline, l'aldostérone et les catécholamines) (Peterson, 1997 cité par Klasing et al., 2005 ; Evans, 2009).

#### ✓ Rôles Physiologiques

Le potassium est le principal cation intracellulaire. Il est impliqué dans la régulation de la pression osmotique, l'équilibre acido-basique, l'équilibre hydrique, la transmission de l'influx nerveux, la contraction musculaire, et il est un activateur ou un cofacteur dans de nombreuses réactions enzymatiques (Miller, 1995 ; Satter et Roche, 2011).

La présence de K est essentielle pour l'activation de plusieurs systèmes enzymatiques y compris ceux qui sont impliqués dans la synthèse des protéines et le métabolisme des glucides (Ammerman et Goodrich, 1981 ; Meschy, 2010). Selon Jean-Blain (2002) un apport suffisant de potassium est nécessaire pour permettre une reconstitution des protéines corporelles à la suite d'une déplétion consécutive à un jeûne ou une maladie.

#### b) Sodium et Chlore

##### ✓ Absorption

Tout au long du tube digestif des ruminants, l'efficacité de l'absorption du sodium et du chlore est très élevée (presque 90%) (Meschy, 2010). Na et Cl sont absorbés simultanément dans le rumen par un mécanisme de transport active, la quantité de Cl absorbée représente environ la moitié de celle de Na. L'absorption active de Na et Cl répond d'une part à des échanges  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  et  $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$  dans la zone apicale de l'épithélium ruminale et d'autre part pour Na à l'intervention d'une pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase dans la zone apicale (Martens et al. 1991). Le grand intestin est, avec le rumen, le principale lieu d'absorption de Na (Wylie et al., 1985 cité par Meschy et Guéguen, 1995).

Des quantités importantes de Na parviennent dans le rumen sous forme de bicarbonate contenu dans la salive (de 3 à 3.5g/l de Na pour des animaux non carencés) (Meschy et Guéguen, 1995), environ 50% de Na salivaire sont réabsorbés avant le duodénum (Martens et al., 1991 ; Jean-Blain, 2002).

### ✓ Excrétion

Le sodium et le chlore sont essentiellement excrétés dans l'urine (Ammerman et Goodrich, 1981 ; Meschy, 2010). Le chlore est presque totalement absorbé, 2% seulement de la quantité ingérée se trouve dans les fèces. Pour le sodium les pertes fécales sont un peu plus importantes et représentent habituellement entre 15 et 20% de l'apport alimentaire. Lors d'un effort intense, l'excrétion de Na et Cl diminue fortement pour compenser l'augmentation des pertes extrarénales (Jean-Blain, 2002).

Chez la brebis la teneur moyenne de sodium dans le lait est de 17 mmol/l (Suttle, 2010).

### ✓ Répartition

A l'inverse du potassium, le sodium et le chlore sont en majorité extracellulaire. L'organisme animal renferme entre 1 et 1.9 g/kg de PC de sodium et 1 à 1.2 g/kg de chlore en fonction de l'âge et de l'espèce, le plasma renferme 142mEq/l de Na et 103mEq/l de Cl (Jean -Blain, 2002). Environ 40 % de Na, peu ou pas échangeables, sont localisés dans la structure cristalline du tissu osseux (ARC, 1980 cité par Meschy, 2010). Il n'existe pas de stockage significatif de sodium et de chlore dans l'organisme (Meschy, 2010).

### ✓ Rôles Physiologiques

Le sodium et le chlore sont responsables de 82 à 84% de la pression osmotiques dans les compartiments extracellulaires (Jean-Blain, 2002). Le sodium compose plus de 90% des bases du sérum sanguin mais n'existe pas dans les cellules sanguines (Suttle, 2010). Il intervient dans la transmission de l'influx nerveux, le transport actif des acides aminés et du glucose, la contraction musculaire (muscle squelettique et cœur) et au niveau de l'os comme agent de cohésion (Meziane, 2001).

La pompe sodium-potassium régule les principaux flux d'entrée (glucose, acides aminés, phosphate) et de sortie (hydrogène, calcium, bicarbonates, potassium, chlore) au niveau cellulaire (Meschy, 2010).

En association avec le sodium, le chlore assure l'équilibre acido-basique du compartiment extracellulaires, Le chlore est nécessaire pour la formation de l'acide chlorhydrique qu'est à l'origine de la forte acidification (pH 2,5 environ) dans la caillette qui facilite la digestion des protéines et permette la solubilisation des sels minéraux. Le chlore est nécessaire pour l'activation de l'amylase intestinale, ainsi le chlore est transférée entre le plasma et les érythrocytes par un processus connu sous le nom de "chlorure changement", ce processus aide à la respiration et à la régulation du pH sanguin (Ammerman et Goodrich, 1981 ; Meschy,2010).

## **2.6 Oligo-éléments :**

L'animal requiert une infime quantité d'oligo-éléments dont les principaux sont le fer, le zinc, le cuivre, le cobalt, l'iode, le molybdène, le manganèse et le sélénium. Les plus récentes données concernant les besoins en oligo-éléments chez les ovins sont rapportées au tableau.

### **2.6.1 Fer**

Les fourrages contiennent suffisamment de fer. Ainsi, il n'est généralement pas nécessaire d'en ajouter aux aliments pour ruminants. Les besoins en fer des ovins sont de (NRC 2007) : (0,014 mg/kg PV) ÷ CA pour l'entretien; croissance : (55 mg/kg gain) ÷ CA; gestation, fin : (0,5 mg/kg portée) ÷ CA; lactation : (0,9 mg/kg lait) ÷ Ca; laine : (30 mg/kg laine propre) ÷ (365 ÷ CA). Où CA = coefficient d'absorption = 0,10 pour les adultes, 0,19 pour les agneaux sevrés et 0,5 chez des agneaux présevrage ; lait = production laitière, portée = poids de la portée.

Soulignons que le fer joue plusieurs rôles importants dans le métabolisme. Il fait partie de l'hémoglobine, de la myoglobine et de différents enzymes contribuant au transport d'oxygène et à la respiration cellulaire.

### **2.6.2 Zinc**

L'ajout de zinc dans les aliments pour ruminants demeure généralement nécessaire. Son absorption se situe au niveau de l'abomasum et du petit intestin. Les fonctions de cet élément sont reliées au métabolisme des acides nucléiques de la synthèse des protéines et des hydrates de carbone. Le zinc est également important pour le système immunitaire. L'arrivée sur le marché de zinc chélaté, comme de la méthionine de zinc, peut s'avérer bénéfique pour les onglons et la santé du pied en général.

On évalue les besoins pour l'entretien à (NRC 2007) : 0,076 mg/kg PV; croissance = (0,024 g/kg gain) ÷ CA; gestation fin = (0,375 mg/kg portée) ÷ CA; lactation (7.4 mg/kg lait) ÷ CA; laine = (115 mg/kg laine propre) ÷ (CA x 365) où CA = coefficient d'absorption = 0,55 chez les agneaux entre 5 et 10 kg; 0,3 chez les 20 kg; 0,2 chez les 40 kg et 0,15 chez les adultes.

### **2.6.3 Iode**

L'iode sert surtout à la synthèse d'hormones par la glande thyroïde. Il faut généralement ajouter de l'iode dans les aliments pour ruminants. La voie la plus simple pour le faire demeure l'addition de sel iodé.

L'absorption de l'iode se situe majoritairement dans le rumen. Chez les jeunes dont les parents sont alimentés de régimes déficients en iode, les signes cliniques apparaissent rapidement. Chez les adultes, toutefois, les signes cliniques prennent plusieurs mois avant d'apparaître. Une déficience

se manifeste par un grossissement de la glande thyroïde, de la perte de poids, de la faiblesse, des problèmes de reproduction, de libido, etc. Le NRC (2007) estime les besoins en iode à 0,8 mg/kg d'aliment pour les brebis en lactation et 0,5 mg/kg de MS d'aliment pour les autres.

#### **2.6.4 Cobalt**

Chez les ruminants, le cobalt est essentiel pour la synthèse de la vitamine B12 par les micro-organismes du rumen. On supplémente les aliments en cet oligo-élément par addition de sel auquel on a ajouté du cobalt. Il est rare de voir des déficiences en cet élément chez les ovins.

#### **2.6.5 Manganèse**

Cet oligo-élément entre dans la composition de plusieurs enzymes. Une déficience en manganèse retarde la croissance, provoque des anomalies du système squelettique, des problèmes de reproduction et des anomalies chez le nouveau-né. Il semble qu'il faille en incorporer aux aliments pour ruminants. Le NRC (2007) rapporte des exigences en manganèse de (0,002 mg/kg PV) ÷ CA; (0,47 mg/kg gain) ÷ Ca; gestation fin (0,055 mg/kg lait) ÷ CA; laine (2,5 mg/kg laine propre) ÷ (365 x CA).

#### **2.6.6 Cuivre**

Le cuivre sert à la formation de l'hémoglobine, ainsi qu'à l'absorption et au métabolisme du fer. Il n'est généralement pas nécessaire d'en ajouter aux aliments pour ovins. Ceux-ci demeurent très sensibles à la toxicité en cet élément. Il ne faut pas leur distribuer des aliments pour bovins contenant du cuivre ajouté. Cette action entraînerait le développement d'une intoxication au cuivre.

L'intoxication au cuivre demeure un problème fréquemment rencontré dans les fermes ovines. Toutes sortes de situations sont propices à une accumulation de cuivre conduisant à une intoxication. Parmi celles-ci, mentionnons des aliments non conçus pour les ovins, des conduites d'eau ou des équipements en cuivre sur la ferme. Dans une étude québécoise (Méthot et al., 2008) des foies d'agneaux à l'abattoir ont été prélevés au hasard. Les analyses ont démontré que la surcharge hépatique en cuivre ne constitue pas vraiment un problème dans des troupeaux du Québec puisque seulement 16 agneaux sur 282, soit seulement 5,7 % des agneaux répertoriés. Parallèlement, dans cette étude, des aliments commerciaux de même que des grains ont été analysés pour leur contenu en cuivre. Aucun problème n'a été identifié dans les aliments produits au Québec.

Finalement, cette étude a mis en lumière une augmentation significative de la concentration en cuivre des aliments récoltés lorsque du purin de porc est utilisé, comparativement à d'autres types de fertilisation. Bien que cette pratique n'a pas conduit à des aliments dont le niveau de cuivre s'est avéré toxique, l'utilisation à long terme de déjections porcines pour fertiliser les champs destinés

aux ovins nécessiterait une attention particulière quant aux analyses périodiques en cuivre à y effectuer.

Le niveau maximum tolérable de cuivre chez les ovins est fixé par le NRC (2007) à 15 mg/kg MS lorsque les niveaux de molybdène dans la ration se situe entre 1 et 2 mg/kg MS et le niveau de soufre entre 0,15 et 0,25 % de la MS de la ration.

Certains pâturages, contenant de fortes concentrations de molybdène, peuvent cependant nécessiter un apport en cuivre, car le molybdène interfère avec l'absorption du cuivre. Des quantités élevées de molybdène se retrouvent rarement dans les sols du Québec. Toutefois, McDowell (1996) rapportent que, dans les cas de sols mal drainés, la disponibilité du molybdène pour les plantes augmente énormément. Ceci peut causer une déficience en cuivre. Dans ces conditions, il faut viser un aliment contenant entre trois et cinq fois les besoins en cuivre, ou encore, compléter avec une source de cuivre « organique » ou chélaté. Comme ce dernier est absorbé différemment, le molybdène ne vient pas interférer avec son absorption. Ainsi, les niveaux de supplémentation n'ont pas besoin d'être aussi élevés qu'avec une supplémentation en cuivre inorganique.

Comme recommandation pratique concernant le cuivre, il faudrait demeurer très vigilant lorsque les ovins vont sur des pâturages mal drainés pendant de longues périodes pluvieuses. Il se pourrait que des déficiences en cuivre apparaissent là où elles n'ont jamais apparu auparavant.

Même si le molybdène fait partie de certaines enzymes, aucun signe de déficience n'a été rapporté dans les élevages. En effet, les exigences en molybdène seraient extrêmement faibles. Consommé en excès, il forme des complexes insolubles avec le cuivre et le soufre, ce qui provoque une augmentation des exigences en ces derniers éléments. Ainsi, pour des régimes alimentaires en contenant plus de 3 mg/kg, il semble que les besoins en cuivre, par exemple, se trouveraient doublés comparativement à des régimes en renfermant moins de 1 mg/kg.

### **2.6.7 Sélénium**

Les sols du Québec sont généralement déficients en sélénium. Les fourrages récoltés en contiennent très peu. Il faut donc les compléter dans ces aliments par une source externe.

Le sélénium fonctionne en collaboration avec la vitamine E comme antioxydant dans la cellule. Il semble que le sélénium, de concert avec la vitamine E, puisse avoir des effets bénéfiques sur le système immunitaire qui protège l'animal contre différents agents pathogènes (Turner et Finch 1991). Ainsi, un renforcement du système immunitaire est susceptible de diminuer les problèmes de santé des animaux stressés. Droke et Loerch (1989) rapportent effectivement des effets bénéfiques sur la réponse immune de jeunes veaux d'embouche avec des injections de vitamine E

et de sélénium. Gunter et al. (2006) rapportent qu'une supplémentation en sélénium organique de la vache, des veaux sevrés ont un meilleur système immunitaire pouvant conduire à une réduction de la maladie et de la mortalité. Roch et al. (2001) rapportent des effets similaires chez la brebis et son ou ses agneaux.

Nicholson et al. (1993) ont légèrement supplémenté les aliments en sélénium inorganique et en sélénium organique avec des levures enrichies. L'ajout de sélénium sous l'une ou l'autre de ces deux formes a amélioré la réponse immune. Ces auteurs suggèrent toutefois des taux sanguins de sélénium supérieurs à 100 mg/l chez les bovins de boucherie en croissance.

Chez la vache laitière, un supplément quotidien de 3 mg/vache a permis d'améliorer un aspect de l'état immunitaire des animaux pendant les périodes de stress (Brzezinska-Slebodzinska et coll., 1994). La Direction générale de la production et de l'inspection des aliments d'Agriculture et Agroalimentaire Canada permet un ajout de 0,7 mg de sélénium/ovin/jour.

Hernandez-Calva et coll. (2007) suggèrent que les recommandations du NRC (1985) en sélénium sont insuffisantes pour rencontrer les besoins des agneaux. Dans la version 2007, le NRC a exprimé les besoins en sélénium selon une approche factorielle.

Pour l'entretien, ils sont de  $(0,00025 \text{ mg/kg PV} \div \text{CA})$ ; pour la croissance :  $(0,50 \text{ mg/kg gain}) \div \text{CA}$ ; gestation fin  $(0,00025 \text{ mg/kg portée}) \div \text{CA}$ ; lactation  $(0,14 \text{ mg/kg lait}) \div \text{CA}$ ; laine  $(0,38 \text{ mg/kg laine propre}) \div \text{CA}$  où CA = coefficient d'absorption = 0,31 pour les fourrages et 0,60 pour les concentrés.

### **2.6.8 Chrome**

Cet élément n'est généralement pas considéré dans les exigences nutritionnelles des ovins. Toutefois, de récents résultats de recherches nous permettent maintenant d'y attacher plus d'importance. Ainsi, ses fonctions essentielles sont reconnues chez les humains depuis la fin des années cinquante. Il sert au métabolisme du glucose et des lipides. De plus, de nouvelles études semblent attribuer au chrome un rôle bénéfique sur le statut immunitaire des ruminants stressés (Moonsie-Shager et Mowat 1993; Chang et Mowat 1992), comme on le rencontre chez des veaux d'embouche. Chez des ovins non stressés, l'ajout de chrome ne produirait pas d'effet mesurable (Chang et coll., 1992). Chez les ovins, aucune recherche publiée à ce jour ne rapporte d'effets bénéfiques de l'ajout de chrome aux aliments.

### **2.7 Vitamines**

Les vitamines englobent plusieurs composés organiques qui participent à différentes fonctions métaboliques. Elles forment deux groupes distincts. Dans le premier, on retrouve les vitamines

hydrosolubles, communément appelées les *vitamines du groupe B*, ainsi que la *vitamine C*. Dans le second, on regroupe les vitamines liposolubles, principalement les *vitamines A, D et E et K*.

Évidemment, tout programme alimentaire bien équilibré doit combler les exigences nutritionnelles en ces nutriments. Toutefois, la présence de certaines vitamines à des doses supérieures aux exigences nutritionnelles peut profiter aux animaux stressés.

### **2.7.1 Vitamines hydrosolubles :**

En théorie, un ovin dont le rumen est fonctionnel n'a pas besoin de recevoir de vitamine du groupe B dans son alimentation. La fermentation ruminale assurerait un apport suffisant en ces éléments.

Cependant, chez les animaux stressés qui ne mangent pas et dont le rumen fonctionne au ralenti, il est possible que certaines vitamines du groupe B ne soient pas produites en quantité suffisante pour couvrir les exigences nutritionnelles. Sur cette base, Cole et al. (1982), de même que Zinn et coll. (1987), ont observé une légère baisse de la morbidité par l'ajout de vitamines du groupe B. D'autres ont noté une légère augmentation des gains par l'ajout de niacine (Overfield and Hatfield 1976) ou d'un mélange de vitamines du groupe B et de vitamine E (Lee et coll., 1985). Chez les agneaux alimentés avec de fortes quantités de grains, l'ajout de thiamine peut devenir nécessaire dans certaines circonstances, car on a observé des signes de déficience dans certains cas. Les ovins déficients en thiamine restent dans un coin la tête repliée par l'arrière. Cette condition est réversible et se corrige rapidement avec l'ajout de thiamine dans les aliments. Plusieurs études ont démontré les effets bénéfiques de l'ajout de biotine en ce qui a trait aux sabots et à la production des vaches laitières. Aucune étude chez les ovins n'a été trouvée sur cet aspect. Parallèlement, pour les autres vitamines du complexe B et la vitamine C, aucune étude ne permet d'émettre des recommandations pour les ovins.

### **2.7.2 Vitamines liposolubles**

Les vitamines A, D et E sont solubles dans les lipides.

#### **-Vitamine A**

La vitamine A est nécessaire au bon fonctionnement de l'œil, surtout à la vision nocturne. Essentielle pour une croissance normale, elle sert aux fonctions reproductives et aide à maintenir un tissu épithélial en santé.

Les plantes contiennent de la vitamine A sous forme de précurseurs dans les pigments caroténoïdes. Normalement, les plantes vertes, telles que celles que l'on retrouve au pâturage,

renferment des précurseurs de vitamine A en abondance. Ainsi, un bon pâturage comble les besoins en cette vitamine chez les ovins.

Par contre, lorsque les animaux sont gardés en réclusion ou pendant la saison hivernale, il faut satisfaire ces exigences avec des suppléments commerciaux. On exprime la quantité de vitamine A présente dans les aliments ou encore, les besoins des animaux soit en unités internationales (UI) ou en équivalent rétinol (ER). Le rétinol demeure la molécule active de vitamine A.

Un ER = 1 µg de trans-rétinol = 5 µg de trans β-carotène = 7,6 µg des autres pigments caroténoïdes Et une U de vitamine A = 0,3 µg de rétinol = 0,3 µg de ER. Le NRC (2007) établit les besoins en cette vitamine à 31,4 ER/kg PV ou 104,7 UI/kg PV chez les adultes à l'entretien. En fin de gestation, les besoins se situent à 45,5 ER/kg PV (151,7 UI), à 53,5 ER/kg PV en lactation (178,3 UI) et pour les animaux en croissance à 100 ER/kg PV (333,3 UI).

#### - Vitamine D

Cette vitamine joue un rôle dans l'absorption du calcium et du phosphore, ainsi que dans la minéralisation et la déminéralisation des os. On l'appelle communément la vitamine soleil. En effet, la peau des animaux exposés aux rayons du soleil synthétise suffisamment de vitamine D pour répondre à leurs exigences. Parallèlement, les fourrages qui ont séché ou séjourné au champ en contiennent assez pour les besoins des moutons. Il est également possible de donner aux ovins des suppléments contenant de la vitamine D de synthèse.

La vitamine D se mesure également en UI où 1 UI = 0,025 µg de vitamine D3 cristalline. Les exigences en cette vitamine n'ont pas changé dans cette édition 2007 du NRC, comparativement à la version précédente. Elles se situent à 5,6 UI/kg PV pour les animaux à l'entretien. En fin de gestation les besoins augmentent de 213 UI/jour et de 760 UI/kg lait produit chez les brebis en lactation. Chez les agneaux, les besoins additionnels sont de 108 UI/100 g de GMQ.

#### -Vitamine E

Les principaux rôles attribués à la vitamine E se rapportent à l'intégrité des systèmes reproducteur, musculaire, circulatoire, nerveux et immunitaire. Cette vitamine protégerait les membranes cellulaires en agissant comme un antioxydant. Les fourrages verts, comme l'herbe des pâturages et les foins bien conservés pour de courtes périodes, contiennent des quantités abondantes de vitamine E. Elle s'oxyde rapidement, de sorte qu'elle disparaît rapidement des fourrages lors de la conservation. Ainsi, il faut généralement supplémenter les aliments en vitamine E, surtout lorsque les animaux n'ont pas accès au pâturage.

Les exigences en cette vitamine n'ont pas été clairement établies (NRC 1996). Les différentes études font état de besoins qui varient entre 15 UI et 100 UI par kg d'aliments ingérés. Pratiquement, un aliment qui contient des niveaux se situant à mi-chemin entre 15 UI/kg et 100 UI/kg serait suffisamment pourvu en vitamine E, Une UI de vitamine E correspond à 1 mg de dl-x tocophorylacétate.

Les besoins en vitamine E chez les adultes à l'entretien et au début de la gestation sont de 5,3 UI/kg PV (NRC 2007). En fin de gestation, en lactation et pour les béliers, juste avant et pendant la saison d'accouplement les besoins augmentent pour se situer à 5,6 UI/kg PV, selon le même comité. Finalement, le groupe suggère des besoins de 10 UI/kg PV chez les animaux en croissance. Pour aider à prévenir les infections et pour prolonger la durée de vie de la viande sur la tablette d'épicerie.

#### *-Vitamine K*

Cette vitamine est requise dans la coagulation du sang. De façon générale, les microorganismes présents dans le rumen synthétisent suffisamment de vitamine K pour répondre aux besoins des ovins.

### **2.8 Eau**

L'eau demeure sans contredit le nutriment le plus important pour les ovins. De façon générale, l'eau présente dans tout l'organisme fait partie de 99,2 % des molécules qui composent les ruminants. De plus, elle participe à l'équilibre homéo-thermique en conservant la chaleur corporelle par temps froid, tout en facilitant sa dispersion par temps chaud. Parallèlement, ce nutriment participe à la digestion des aliments ingérés, au métabolisme des nutriments absorbés, à l'hydrolyse de différentes molécules comme les lipides, les protides et les hydrates de carbone et à l'élimination des déchets. L'eau sert également de coussin pour le système nerveux, aide à la lubrification des articulations, sert au transport des sons dans l'oreille et à la vision (Aseltine 1992).

L'animal perd son eau corporelle de plusieurs façons. La production lactée demeure la voie majeure pour les brebis en lactation. Puis, on dénote la perte d'eau dans l'urine, les fèces, la respiration et la transpiration.

#### **2.8.1 Quantité**

L'eau doit demeurer disponible à volonté et en quantité suffisante. Il semble que lorsqu'un troupeau ne produit pas selon son potentiel, on s'attarde énormément à l'équilibre du régime alimentaire, en oubliant souvent de considérer l'eau consommée par l'animal.

Les quantités d'eau consommées varient en fonction de la production laitière, la grosseur de la portée, la nature des aliments, la prise alimentaire, la température de l'eau d'abreuvement, la

température ambiante, l'humidité relative, le débit des abreuvoirs, la présentation de l'eau (abreuvoirs automatiques ou réservoirs), la hiérarchie prévalant dans le troupeau, les tensions parasites, la qualité de l'eau, etc. Les quantités de lait produites accroissent la consommation d'eau. On estime rapidement les besoins en eau consommée à quatre fois la production laitière. On estime l'abreuvement selon l'équation suivante :  $\text{eau l/j} = (3,86 \times \text{CVMS}) - 0,99$  lorsque la CVMS est connue (NRC 2007).

En plus de l'eau d'abreuvement, l'ovin reçoit une certaine quantité de ce nutriment par les aliments qu'il consomme. Ces quantités sont négligeables dans le cas des aliments secs (foin, grain, etc.), mais peuvent devenir importantes dans des régimes contenant de fortes proportions d'ensilage ou d'aliments humides. Dans ces conditions, l'animal s'abreuve moins.

Murphy (1992) a observé que la quantité totale d'eau ingérée (aliments et abreuvement) deviendrait plus élevée avec des aliments servis humides comparativement à ces mêmes aliments mais servis secs. Ce phénomène s'expliquerait partiellement par un accroissement des besoins hydriques pour éliminer le surplus d'azote et de potassium solubles dans les aliments sous forme humide.

L'eau métabolique est produite par le métabolisme des sucres, des lipides et des protéines par l'animal. Évidemment, plus le métabolisme de l'animal s'élève, plus l'eau ainsi fournie à l'animal augmente. On estime qu'entre 5 et 10 % des besoins hydriques de l'animal sont fournis par l'eau métabolique (Maynard et coll., 1979). Ainsi, la composition des aliments, la prise alimentaire, la production laitière, la température ambiante sont tous des facteurs affectant la consommation d'eau chez les l'animal.

Pour la gestation, les besoins en eau seraient de 215 à 290 ml/kg PV<sub>0,75</sub> selon le NRC (2007). Pour les brebis en lactation, ils se situent à 146 ml/kg<sub>0,75</sub> de PV + 50 à 150 ml/0,75 kg de PV selon le même comité. Si la lactation se situe pendant les périodes très chaudes, on remplace 146 ml/kg<sub>0,75</sub> de PV par 359 ml/kg<sub>0,75</sub> de PV. Le ratio abreuvement/CVMS en gestation passe de 4,3 à 5,2 l/kg CVMS pour les agneaux et de 7 à 8 l/kg CVMS pour des brebis en gestation de jumeaux.

Pour les animaux en croissance post-sevrage, le NRC (2007) estime les besoins en eau à 140 et 236 ml/kg<sub>0,75</sub> PV pour les agneaux élevés respectivement en parquets et en enclos à l'extérieur. À cela, il faut ajouter un besoin pour la croissance de 7,5 ml par gramme de GMQ.

### 2.8.2 Qualité

Tout comme l'aspect quantitatif, l'aspect qualitatif de l'eau de boisson revêt une importance capitale dans l'alimentation de la vache laitière. On évalue la qualité de l'eau par les propriétés physiques, chimiques et bactériologiques qu'on y retrouve.

#### ✓ Aspects physiques

Les aspects physiques de la qualité de l'eau incluent la couleur, la turbidité, l'odeur, le goût et la température. On attache peu d'importance à la couleur de l'eau de consommation pour les bovins laitiers. De façon générale, l'odeur vient de divers composés volatils dissous dans l'eau. Dans les cas extrêmes, mentionnons, à titre d'exemple, une odeur de gaz ou de pétrole. Cette dernière peut provoquer certains refus d'abreuvement. D'autres odeurs suspectes révèlent la présence de certains contaminants nous forçant à pousser plus loin l'analyse.

Le goût semble étroitement relié à l'odeur. Les mêmes observations s'effectuent donc avec ce critère de qualité. Certains minéraux comme le fer, le manganèse et les chlorures, lorsque présents en fortes concentrations, peuvent communiquer un goût indésirable à l'eau de boisson et ainsi contribuer à en réduire l'ingestion.

#### ✓ Aspects chimiques

Les aspects chimiques de l'eau contribuent également à sa qualité. On dénote ici le pH, la dureté, la salinité, la présence d'éléments toxiques et de pesticides (tableaux 9 et 10). Le pH mesure la quantité d'ions hydrogène présents dans le liquide. Il s'exprime sur une échelle logarithmique. Une valeur oscillant entre 6,5 et 8,5 ne pose généralement pas de problème pour les ovins.

**Tableau 4:** Concentrations typiques et potentiellement dangereuses des constituants de l'eau d'abreuvement du bétail.

Constituant	Concentrations typiques (mg/l)	Concentrations potentiellement dangereuses (mg/l)
pH	6,8-7,5	< 5,5 ou > 8,5
Solides dissous	500 ou moins	> 3 000
Chlorure	0-250	... <sup>1</sup>
Sulfate	0-250	> 2 000; peut diminuer la disponibilité du cuivre et du sélénium alimentaires
Fluor	0-1,2	> 2,4
Phosphate	0-1,0	...
Dureté totale	0-180	Généralement pas un problème
Calcium	0-43	> 500
Magnésium	0-29	> 125
Sodium	0-3	De fortes concentrations de sodium et de faibles concentrations de calcium et de magnésium traduisent généralement l'usage d'un adoucisseur d'eau
Fer	0-0,3	> 0,3 (problème de goût)
Manganèse	0-0,05	> 0,05 (problème de goût)
Cuivre	0-0,6	> 0,6
Silice	0-10	...
Potassium	0-20	...
Arsenic	0,05	> 0,20
Cadmium	0-0,01	> 0,05
Chrome	0-0,05	...
Mercure	0-0,005	> 0,01
Plomb	0-0,05	> 0,1
Barium	0-1	> 10
Zinc	0-5	> 25
Molybdène	0-0,068	...
Total –	<200	> 1 million
Total –	<1	> 1 (veaux); > 15 (vaches)

On mesure la salinité de l'eau d'abreuvement en analysant tous les sels dissous qu'elle contient (tableau 5). Cet aspect devient important aux endroits où les ovins doivent s'abreuver d'eau salée. Avec celle-ci, il peut être nécessaire de diminuer les apports de sel alimentaire.

**Tableau 5:** Critères de salinité de l'eau d'abreuvement

<b>Sels dissous totaux (mg/l)</b>	<b>Observations / recommandations</b>
Moins de 1 000	Eau fraîche/recommandable
Entre 1 000 et 2 999	Légèrement saline/peut causer des fèces plus liquides mais ne pose pas de véritables menaces pour les animaux.
Entre 3 000 et 4 999	Modérément saline/peut causer de la diarrhée lorsque consommée pour la première fois, satisfaisante pour les bovins.
Entre 5 000 et 6 999	Saline/acceptable pour les adultes, éviter son utilisation pour les vaches en gestation et pour les veaux.
Entre 7 000 et 9 999	Très saline/éviter son utilisation, effets négatifs observés chez la majorité des bovins laitiers.
10 000 et plus	Approchant la saumure/dangereuse, ne jamais utiliser cette eau.

Pour sa part, la dureté mesure les sels de calcium et de magnésium dissous. La présence de fortes quantités de calcium dissous contribue à l'apport calcique des moutons. Des critères de dureté adaptés aux ovins demeurent difficiles à trouver. Par contre, basons-nous sur des normes établies pour la consommation humaine. Ainsi, une eau « très bonne » contient entre 50 et 80 mg/L de sels dissous. Une eau « bonne » contient entre 81 à 120 mg/L. Elle devient passable entre 121 et 180 mg/L et mauvaise à plus de 180 mg/L. Concernant le fer, lorsque l'eau contient plus de 0,3 mg/L de fer, elle acquiert un mauvais goût. De telles situations peuvent provoquer des baisses de consommation hydrique. Il semble que des concentrations en fer de plus de 1 mg/L rendent l'eau non potable pour les animaux.

Les sulfates se retrouvent occasionnellement dans l'eau d'abreuvement. Pour les jeunes, il faut viser des concentrations en dessous de 600 mg/L alors que les adultes peuvent tolérer jusqu'à 1 000 mg/L. Au-delà de ce niveau, il faut s'attendre à des baisses de performances zootechniques chez les animaux. De fortes concentrations en sulfate peuvent entraîner également des baisses de consommation d'eau, provoquer de légères diarrhées et nuire à l'assimilation de certains oligo-éléments comme le cuivre, le zinc, le manganèse, le sélénium, le fer et la vitamine E.

L'azote, sous forme de nitrites ou de nitrates, se retrouve également dans l'eau d'abreuvement. Une contamination est possible par des fertilisants chimiques ou organiques, par des fumiers, des fosses septiques et des résidus végétaux et industriels. Les nitrites sont plus toxiques que les nitrates. On suggère un maximum de 10 mg de nitrite par litre d'eau pour les animaux.

La contamination de l'eau de boisson par des fongicides, des herbicides et des insecticides demeure très regrettable d'autant qu'elle peut être évitée la plupart du temps en respectant les normes environnementales. Ces produits s'accumulent dans la chaîne alimentaire et leurs effets sur

la santé peuvent devenir sérieux. De plus, un excès de ces polluants provoque une baisse dans l'efficacité du transport de l'oxygène sanguin. Dans des cas graves, cela peut même causer la mort de l'animal.

✓ Aspects microbiologiques

Parmi les microorganismes susceptibles de se retrouver dans l'eau d'abreuvement, mentionnons les virus, les bactéries, les protozoaires et autres. Les coliformes et les streptocoques sont des bactéries dont le dénombrement par 100 ml d'eau est souvent effectué pour déterminer la qualité microbiologique. Pour le bétail, on peut tolérer 10 bactéries coliformes par 100 ml d'eau. Il semble que les adultes peuvent tolérer des concentrations se situant entre 25 et 50 bactéries par 100 ml d'eau, même si cela peut conduire à une certaine détérioration des performances zootechniques. Par contre, on ne devrait pas retrouver la présence de coliformes fécaux, ni de streptocoques fécaux dans l'eau de consommation animale. Leur présence indique que l'eau a été contaminée par des matières fécales. De plus, les jeunes animaux y sont plus sensibles.

Les algues bleu-vert, devenues très populaires dans certains de nos lacs et rivières, prolifèrent en présence de matière organique dans les eaux stagnantes. Les animaux ayant accès à ces eaux et qui consommeraient ce type d'algues pourraient se placer en position précaire. En effet, les toxines que contiennent ces algues empoisonnent le système nerveux et peuvent provoquer la mort.

En conclusion, l'eau d'abreuvement demeure l'un des nutriments les plus importants pour les ovins. Une alimentation bien raisonnée du troupeau commencera donc par un approvisionnement adéquat en eau de boisson, ce autant en terme de quantité que de qualité.

À cette fin, il existe des laboratoires spécialisés qui s'empresseront d'effectuer les analyses nécessaires. Nous suggérons donc aux entreprises de procéder à l'évaluation de la qualité de leur eau périodiquement et de ne pas prendre pour acquis que l'eau bonne aujourd'hui, le sera dans six mois, dans un an, etc.

# Chapitre 3. Amélioration génétique de l'animal

L'amélioration génétique est l'ensemble des techniques utilisées pour modifier le potentiel Héritaire des animaux (DÉLACE, 1973).

Cette amélioration vise à changer les valeurs phénotypiques moyennes des populations animales exploitées par l'homme, de façon à obtenir les phénotypiques les plus intéressants sur le plan économique (GILBERT, 1991).

Aujourd'hui, les méthodes de l'amélioration génétique moderne s'appliquent non seulement aux caractères quantitatifs, mais aussi aux caractères qualitatifs lorsqu'ils présentent un réel intérêt zootechnique.

## **1). Amélioration génétique de l'animal :**

### **1.1) Options génétiques :**

L'amélioration génétique du cheptel peut être induite par :

- la substitution d'une race à une autre
- le croisement
- l'élevage en consanguinité
- la sélection au sein d'une race ou d'une population telle qu'un Troupeau (GILBERT, 1991).

### **1.2) Objectifs de l'Amélioration Génétique :**

L'amélioration génétique cherche à accroître les caractères et les performances des reproducteurs dans le sens recherché, pour cela était nécessaire d'exploiter les variabilités des espèces domestiques. La variabilité peut être observée entre races (ou populations) et même à l'intérieur de la race. Les objectifs de l'amélioration génétique, selon (DÉLACE et BOUGLER, 1972), visent donc à :

-Fournir au producteur un outil de production (l'animal reproducteur) répondant à ces souhaits, c'est dire : adapté aux conditions économiques satisfaisantes

-Mettre à la disposition des sélectionneurs des schémas de sélection efficaces, cet objectif prend toute son importance dans les grosses espèces domestiques du fait de leurs caractéristiques biologiques qui poussent les producteurs à effectuer eux-mêmes le travail de sélection.

-Rechercher et mettre au point des modèles de sélection prospectifs. L'amélioration génétique comprend le choix des reproducteurs et leur utilisation.

-La première correspond à l'utilisation, par la sélection, de la variabilité qui existe à l'intérieur des populations, pour augmenter la valeur génétique additive des reproducteurs.

-La seconde correspond à l'utilisation, par croisements, de la variabilité entre populations ou race pour profiter des effets favorables d'interaction entre gènes

## **2). Généralités sur l'hérédité :**

Lorsque des moutons s'accouplent à d'autres moutons, nous savons à l'avance que de ces unions naîtront encore des moutons et non des chèvres. De même, si des zébus s'accouplent à d'autres zébus, il est évident que nous allons obtenir des veaux zébus et non des taurins Hereford. Ces exemples illustrent le mécanisme héréditaire : les animaux d'une même espèce se ressemblent parce qu'ils ont un patrimoine biologique et héréditaire commun. Mais il existe également une certaine diversité, car tous les individus de même espèce et de même race domestique ne sont pas absolument identiques. La progéniture ressemble à ses parents sans pour autant en être une copie conforme.

Ces phénomènes découlent de la manière dont les gènes les unités de base de l'hérédité se maintiennent dans une population et se transmettent d'une génération à la suivante. (Gerald Wiener, Roger Rouvier 2009)

### **2.1) Cellules, chromosomes et formation des gamètes :**

Le matériel héréditaire d'un animal est contenu dans les noyaux des cellules de son organisme, et plus précisément dans les chromosomes des structures apparaissant au microscope, à certaines étapes de la division des cellules, sous la forme de petits bâtonnets. Ces chromosomes sont chacun construits autour d'une longue chaîne double d'acide désoxyribonucléique (l'ADN) qui contient, sous une forme codée, l'information génétique transmise d'un parent à sa descendance. Chaque chromosome contient une seule molécule d'ADN. Les composants chimiques de l'ADN sont un groupement phosphate ; un sucre en C5, le désoxyribose, qui donne son nom à l'ADN ; et quatre bases azotées : adénine (A), cytosine (C), guanine (G) et thymine (T). L'association entre le groupement phosphate, le désoxyribose et une base azotée prise parmi les quatre bases A, C, G et T forme l'élément de base de l'ADN appelé nucléotide. Il existe quatre nucléotides différents suivant la base associée au groupement phosphate Et au désoxyribose. Chaque nucléotide est relié au nucléotide adjacent Par une liaison établie entre le groupement phosphate de l'un et le désoxyribose de l'autre. Cela aboutit à une chaîne polynucléotidique correspondant à la succession de plusieurs milliers de nucléotides. L'ADN est un polynucléotide. L'ordre d'enchaînement des quatre

nucléotides (donc des quatre bases azotées) différents le long d'un brin (ou fragment) d'ADN détermine une séquence nucléotidique caractéristique de ce brin ou fragment. Du fait du très grand nombre de combinaisons des quatre nucléotides qui se succèdent le long d'un brin d'ADN, les possibilités de séquences nucléotidiques différentes sont pratiquement infinies. Chaque individu est unique sur le plan génétique, sauf les clones et les vrais jumeaux qui sont nés du même œuf (jumeaux monozygotes). En 1953, Watson, Crick et Wilkins ont proposé la structure en double hélice de l'ADN. La molécule d'ADN est donc organisée en deux chaînes de nucléotides enroulées en double hélice. Ces deux chaînes sont associées par des liaisons transversales des bases complémentaires deux à deux : adénine-thymine (A-T) et cytosine-guanine (C-G). Chaque chaîne ou simple brin d'ADN est complémentaire de l'autre. L'arrangement successif des quatre bases azotées d'une séquence nucléotidique constitue l'information génétique. (Gerald Wiener, Roger Rouvier 2009)

Dans chacune des cellules d'un organisme vivant, à l'exception notable des gamètes, chaque chromosome existe en deux exemplaires, appelés chromosomes homologues. Le nombre de chromosomes présents est alors dit diploïde.

**Tableau 6:** le nombre de chromosome pour certain animaux. Jussiau et al. (2006).

<i>Individu</i>	<i>Nombre de chromosome</i>
le bœuf	30 paires (60 chromosomes)
Le mouton	27 paires (54 chromosomes)
La chèvre	30 paires (60 chromosomes)
la poule	39 paires (78 chromosomes)

### **3). Génétique quantitative :**

On peut distinguer schématiquement deux types de caractères parmi ceux qui font l'objet du travail de sélectionneur :

#### **3.1). Caractères qualitatifs:**

Les caractères qualitatifs sont relatifs à la nature des individus, sont déterminés par un très petit nombre de gènes et ne sont généralement pas mesurables directement.

#### **3.2). Caractères quantitatifs**

Les caractères quantitatifs sont déterminés par un très grand nombre de gènes et sont mesurables chez les individus qui les expriment. Selon (DÉLACE, 1972), la plupart des caractères auxquelles s'intéresse le zootechnicien (tel que la taille ou le format, la production laitière, la vitesse de croissance, le poids de toison, etc.), font partie de ce groupe de caractères. Leur repérage

individuel est impossible. L'intérêt économique est surtout porté sur les caractères quantitatifs qui touchent une grande partie de la production animale et sont donc économiquement plus importants.

Selon (GILBERT, 1991) les caractères qualitatifs et quantitatifs ont donc des caractéristiques nettement différentes.

**Tableau 7:** Caractères quantitatifs et qualitatifs (GILBERT ,1991)

Caractères quantitatifs	Caractères qualitatifs
-Mesurable	-Non mesurable
-Intérêt économique évident et important	-Intérêt économique souvent secondaire
-Variation continue	-Variation discontinue
-Sensible à l'action du milieu	-Non soumis à l'action du milieu

### 3.2.1) Variabilités des caractères quantitatifs

Dans une population d'animaux d'élevage, la variabilité des performances exprimées par les animaux (GMQ, rapidité de traite, format, poids vif, taille d'une portée, etc.) a une double origine : variabilité génotypique et variabilité due au milieu d'élevage (GILBERT ,1991). Le sélectionneur s'intéresse à la variabilité «transmissible» à la descendance.

### 3.2.2) Variabilité génotypique

Selon (MINVIELLE ,1990), les mécanismes d'additivité des effets des gènes s'ajoutent des phénomènes d'interaction des gènes entre –eux (dominance, épistasie ...). L'action cumulée de ces deux types de mécanisme conduit à la valeur génotypique et on peut définir les effets d'interaction par la différence entre la valeur génotypique et la valeur génétique additive:

$$G=A+I$$

G=valeur génétique, A=valeur génétique additive, I=Interaction

Les effets moyens des gènes et la valeur génétique qui en résulte se transmettent des parents aux descendants, alors que les effets d'interaction ne transmettent pas, car ils sont dus à la combinaison particulière des gènes de chaque individu. Ces combinaisons sont remises en cause lors de reproduction en particulier lors de la gamétogenèse.

### 3.2.3). Variabilité due au milieu

Les caractères qualitatifs ne sont pas tributaires de l'action du milieu (GILBERT, 1991), par contre les caractères quantitatifs influencés par l'action du milieu, ce qui laisse dire qu'il n'y a pas que les génotypes de l'animal qui influence la valeur phénotypique, mais aussi le milieu où vit cet animal d'où la relation :

$$P = G+E$$

Avec : P = Valeur phénotypique moyenne. G = Valeur génotypique moyenne  
E= Environnement (part moyenne de phénotype dû aux conditions du milieu ou d'élevage).

### **3.3). Interaction Génotype-Milieu**

La valeur génotype ainsi que du milieu influencent la valeur phénotypique par l'augmentation ou la diminution des rendements des performances des animaux (BENYOUCEF, 1975).

Plusieurs auteurs, parmi lesquels on cite (BIBE et FLAMANT, 1981), ont émis l'hypothèse d'une liaison négative entre les caractères de production et les caractères d'adaptation. Cela limiterait les possibilités d'obtention de valeurs génétiques élevées lorsque les d'élevage nécessite une certaine rusticité des animaux.

Selon (BENYOUCEF ,1975), l'intérêt d'une étude des interactions génotype X milieux se justifient donc quel que soit le type de production envisagé (lait, viande, laine) et l'étude des relations entre l'évolution socio-économique des populations et les systèmes d'élevage en place en est la conséquence immédiate.

## **4). Consanguinité**

La pratique de l'élevage en consanguinité, c'est-à-dire la reproduction entre sujets apparentés, a presque toujours des effets défavorables. L'interdiction du mariage de personnes étroitement apparentées qui prévaut dans la plupart des sociétés humaines suggère que les effets de la consanguinité chez notre espèce sont connus depuis longtemps. Pourtant, il est encore de nombreux éleveurs qui croient que l'élevage consanguin permet de fixer et d'améliorer les points forts de leur cheptel une idée que les faits démentent pourtant beaucoup plus souvent qu'ils ne la confirment. Il arrive par ailleurs que des accouplements entre animaux apparentés se produisent par hasard. Il importe donc d'examiner ce sujet d'un peu plus près, même si l'élevage consanguin n'est pas une pratique à recommander dans le cadre de la reproduction des animaux domestiques. (Gerald Wiener, Roger Rouvier 2009).

### **4.1). Quantifier la consanguinité**

Le coefficient de consanguinité F a été défini et se calcule comme la probabilité que les deux allèles à un locus quelconque d'un individu soient identiques parce que descendants du même allèle d'un ancêtre commun à ses deux parents. Le coefficient de consanguinité donne la proportion d'hétérozygotie qui a été perdue par rapport à un point de référence donné ; il est toujours une mesure relative à un point de départ supposé ou spécifié, plusieurs générations en amont, pour lequel

on admet que la consanguinité était nulle ( $F = 0$ ). Le coefficient de consanguinité est une mesure d'une perte d'hétérozygotie relative et non pas absolue. (Gerald Wiener, Roger Rouvier 2009).

Le coefficient de consanguinité  $F$  d'un individu est exprimé par la formule :

$$F = \text{somme des } (1/2)^n (1+FA)$$

#### 4.2. Les effets de la consanguinité

La consanguinité se traduit presque toujours, en moyenne, par une baisse de la performance appelée dépression de consanguinité. Elle devrait pour cette raison être évitée autant que possible en souffrant comme seule exception les tests de détection des éventuelles maladies d'origine génétique. Ce fléchissement de la performance est maximal pour les caractères sur lesquels les croisements ont les effets les plus bénéfiques (Les caractères associés à la reproduction et à la survie, par exemple). Plus généralement, l'élevage en consanguinité est susceptible d'entraîner, en moyenne :

- un ralentissement de la vitesse de croissance et une réduction du format (y compris chez l'adulte).

- une diminution de la productivité laitière.

La consanguinité se traduit par un recul de l'hétérozygotie. Son effet négatif sur les performances provient du fait que la baisse de l'hétérozygotie entraîne la perte de tous les bénéfices qui étaient associés à l'action de la dominance entre allèles au niveau des locus hétérozygotes. Aussi la reproduction en consanguinité peut-elle être considérée, d'une certaine manière, comme l'exact inverse du croisement et la dépression de consanguinité comme l'exact inverse de l'hétérosis. Il est difficile, cependant, de comparer quantitativement la dépression de consanguinité et l'effet d'hétérosis dans la mesure où la première se manifeste au sein d'une population telle qu'une race tandis que la seconde est généralement associée à des croisements entre races ou entre lignées différentes. (Gerald Wiener, Roger Rouvier 2009).

## Chapitre 4. Le savoir-faire et le développement durable dans le système de production des ovins

Il existe plusieurs études portant sur la caractérisation des systèmes d'élevage d'ovin, comprennent plusieurs régions dont l'étude de Yabrir, B *et al.* qui décrit une caractéristique des élevages ovins de la steppe centrale de l'Algérie en relation avec l'aridité du milieu: cas de la wilaya de Djelfa.

D'après cette étude, les trois classes (petits, moyens et gros éleveurs) ont été aussi constatées par Kanoun-Meguelliati et Yakhlef (2008) dans la région de Djelfa en Algérie, par Anjar *et al.* (2013) dans la zone centre-est du Maroc et par Jemaa *et al.* (2013) dans le gouvernorat de Siliana en Tunisie. Déjà à l'aube de l'indépendance, Plus de 70% des propriétaires possédaient moins de 100 têtes (Regazzola 1968 cité par Le Houérou 19975).

Actuellement, en milieu steppique algérien la taille des troupeaux est généralement moyenne (Laoun 2007, Hadbaoui 2013) contrairement aux zones montagneuses (Mouhous *et al.* 2015) où celle-ci ne dépassait pas les 75 têtes.

Dans les oasis du Sud, l'élevage des petits ruminants est représenté par des effectifs très réduits caractérisant ainsi un élevage familial (Boubekeur et Benyoucef 2013). Au Liban, la taille des troupeaux est généralement moyenne (79 % des élevages enquêtés) contre 9 et 12 % considéré comme de petite et de grande taille respectivement (Srour *et al.* 2006). D'autre part, il semble que plus l'éleveur est âgé, plus est son troupeau. Ce résultat confirme celui de Le Houérou (1975) pour qui les animaux sont trop âgés, réformés trop tard. La composition raciale des troupeaux est généralement homogène et est constituée d'une seule race. Ce constat fut aussi observé au Liban par Srour *et al.* (2006) où la totalité des ovins enquêtés est de type Awassi.

En Tunisie, Mohamed *et al.* (2008) ont identifié trois systèmes d'élevage : éleveurs d'animaux croisés, éleveurs intermédiaires possédant un mélange d'animaux purs et croisés et éleveurs de race pure. Les petits éleveurs, très attachés à leurs animaux et ne disposant que de moyens limités contribuent à la sauvegarde des races d'animaux domestiques (Piquet 2008). Au contraire et lors de son étude menée en milieu steppique algérien, plus particulièrement dans la région de Djelfa, Laoun (2007) estime les éleveurs ayant deux races à 50%, ceux disposant de plus deux races à 34,62% et le reste ne dispose que d'une seule race.

Il existe aussi l'étude de Dhraief *et al.* qui décrit les facteurs affectant l'adoption de technologies innovantes par les éleveurs dans les zones arides de Tunisie. D'après cette étude, depuis longtemps la question de la diffusion des technologies a été vivement posée par les décideurs de l'agriculture et notamment secteur de l'élevage où la productivité reste faible.

Par ailleurs, de nombreux projets de développement promouvant des technologies innovantes ont été lancés dans la zone aride caractérisée par des conditions climatiques difficiles. Cependant, la majorité des agriculteurs arrêtent d'utiliser la technologie innovante une fois le projet réalisé. Cette étude a été menée pour améliorer notre compréhension des facteurs influençant l'adoption de technologies innovantes dans le but de fournir des informations sur les voies augmentant leur adoption en Tunisie (Dhraief, 2019).

Les résultats de la régression logistique binaire ont montré l'importance des caractéristiques économiques, sociodémographiques et institutionnelles des agriculteurs dans l'adoption de l'informatique. Le principal facteur contribuant à l'adoption de technologies innovantes est l'éducation. Selon la statistique nationale de 2014, le taux d'analphabétisme dans cette zone était d'environ 29,2% pour la population du gouvernorat de Sidi-Bouzyd (Dhraief.,2019).

Ce taux est plus élevé en zone rurale. Ce résultat incite les décideurs à accorder plus d'attention au niveau d'éducation des agriculteurs, à orienter les techniques vers des agriculteurs plus éduqués, ce qui refléchit positivement sur la possibilité d'augmenter l'adoption de technologies innovantes. D'une autre manière, il est essentiel de renforcer le programme d'alphabétisation des adultes des agriculteurs, initié par le gouvernement en 2000 notamment dans la zone aride de la Tunisie. Il faut aussi lutter contre le nombre de jeunes qui abandonnent tôt le système scolaire en milieu rural. Le signe négatif du coefficient de la variable de l'âge des agriculteurs implique qu'il y a un temps dans la vie du chef de ménage, où l'âge n'affecterait plus positivement l'adoption des technologies agricoles, relation qui se rapporte à l'hypothèse du cycle de vie en économie théorie (Ngombe *et al.*, 2014).

Les leçons apprises qui pourraient être partagées de cette étude sont intéressantes. Certaines des leçons les plus importantes que nous apprenons proviennent de la nécessité de se concentrer sur le ciblage du groupe de jeunes agriculteurs lors de la promotion d'une technologie innovante. À cet égard, l'une des conditions de succès de l'adoption de la technologie est la collaboration et le partenariat avec les jeunes agriculteurs dans la phase initiale du processus et dans la deuxième étape avec les plus âgés. Sinon, les agriculteurs sont confrontés à de nombreux défis tels que les conditions météorologiques, les prix élevés des intrants agricoles, la faible productivité et les bas prix de vente qui impliquent l'abandon de l'agriculture au profit des jeunes. Le gouvernement devrait encourager

beaucoup les jeunes agriculteurs à rester dans l'activité agricole et ensuite stimuler la diffusion de la technologie. (Dhraief.,2019).

Son étude a montré l'importance du revenu de l'exploitation dans l'adoption de l'informatique. Le faible revenu agricole est une contrainte importante pour les agriculteurs d'accéder à la technologie. De plus, la majorité des éleveurs de Sidi-Bouزيد sont petits avec une taille moyenne de troupeau inférieure à 8 vaches par éleveur. Il a été constaté que les agriculteurs dont les revenus étaient reçus en nature étaient plus susceptibles d'adopter des technologies innovantes en l'absence d'accès aux crédits.

Dans ce contexte, le gouvernement devrait améliorer le revenu agricole des agriculteurs pour encourager l'adoption de technologies. Cela pourrait se faire en améliorant la solvabilité des agriculteurs et en ouvrant / facilitant la porte au crédit et aux intrants agricoles. L'assurance agricole peut également servir de catalyseur pour une productivité accrue. L'étude a montré l'importance des variables institutionnelles sur la décision d'adopter l'informatique. La participation des agriculteurs aux associations a une influence positive sur l'adoption de la technologie. Il a aidé à introduire une législation appropriée faisant bénéficier le bétail des incitations nationales et il offre une opportunité pour l'intégration de petits producteurs plus pauvres afin d'améliorer leurs moyens de subsistance. L'association se porte volontaire pour être le garant des petits propriétaires de troupeaux qui ont besoin de prêts de la banque. Cependant, le nombre d'associations agricoles en Tunisie est très faible environ 1267 pour les Groupements de Développement Agricole (GDA) et 177 pour la Société Mutuelle des Services Agricoles en 2012, les deux grandes formes d'organisation agricole en Tunisie (Dhraief.,2019).

Le gouvernement devrait assouplir le statut de ces organisations pour avoir plus de flexibilité et devrait donner plus d'avantages aux agriculteurs pour devenir membres de ces organisations. Les résultats ont également montré le rôle important des services de vulgarisation dans la décision d'adoption. Dans cette direction, le gouvernement devrait doter la vulgarisation agricole de ressources financières et matérielles suffisantes, de ressources humaines et d'une formation adéquate aux technologies modernes. En outre, le renforcement du lien entre l'activité de recherche et l'activité de vulgarisation à travers une approche participative où toutes les parties prenantes sont incluses (chercheurs, vulgarisateurs, sociétés civiles, institutions publiques et privées, agriculteurs ciblés, etc.) est crucial pour améliorer l'adoption des TI. Les composantes des approches de vulgarisation comprennent l'accès aux informations techniques, aux informations sur le marché et aux intrants (semences améliorées, gestion du bétail ou engrais).

En fait, des approches de vulgarisation appropriées ayant les impacts les plus souhaitables sur l'adoption de la technologie, la productivité agricole et les moyens de subsistance des ménages (y compris les femmes et les jeunes) sont nécessaires de toute urgence. Comprendre quelles approches de vulgarisation ont les plus grands impacts améliorera certainement la généralisation de l'innovation et, par conséquent, l'avenir de la mise à l'échelle. Une stratégie globale devrait être développée sur les mécanismes pour mettre en œuvre un cadre de vulgarisation amélioré dans une approche rentable et sensible au genre. (Dhraief.,2019).

Nous considérons également l'étude de Kanoun *et al.* sur les savoir-faire ancestraux et transformation des systèmes d'élevage dans les milieux à composante pastorale : quel avenir pour les produits de terroir de la région de Djelfa. D'après cette étude, Selon les déclarations des éleveurs ayant participé aux différentes interviews semi-structurées (ISS), le pastoralisme basé exclusivement sur les ressources pastorales est actuellement très rarement pratiqué et concerne seulement une minorité de personnes particulièrement ceux qui ne possèdent pas de terre. Pourtant l'analyse des données secondaires montre que la régression du pastoralisme ne correspond pas à un déclin de l'élevage. Celui-ci connaît au contraire une expansion continue : l'effectif global du cheptel ovin du pays serait passé de 10 millions de têtes au milieu des années soixante (1975-1977) à plus de 19 millions en 2009-2011. Si, les populations agropastorales ont su s'accommoder aux incertitudes, cette adaptation, souvent individuelle a malheureusement conduit à la monétarisation des ressources fourragères pâturées (parcours naturel, vaine pâture et terre cultivée) et les recours systématiques à la complémentation des animaux. Cette tendance se fait au détriment des espaces pastoraux car cela permet aux éleveurs de maintenir leur cheptel sur un espace dégradé et surchargé et ce, même en année défavorable. Cette pratique alimentaire des animaux s'est accompagnée par une augmentation de la charge de travail pour les deux sexes et une désorganisation sociotechnique défavorable au maintien des savoir-faire.

Les résultats des enquêtes ont clairement montré que le passage à l'agropastoralisme est le principal facteur qui a déclenché ce processus de déperdition des savoir-faire dans les milieux à composante pastorales. En effet, il est à l'origine de la charge de travail élevée des femmes dans les unités de production familiales. Aujourd'hui, elles participent d'avantage à de nouvelles activités d'élevage notamment le nettoyage des bergeries, l'alimentation du bétail et même le gardiennage des animaux autour des habitations et ce, en plus des travaux domestiques et l'éducation des enfants. D'ailleurs, il a été même constaté que dans les élevages mobiles, les femmes rencontrent des difficultés pour exercer leurs activités artisanales. Les femmes accompagnant leurs maris lors des déplacements à la recherche de pâturages, évoquent ces déplacements fréquents comme étant un

obstacle majeur aux activités traditionnelles liées à la transformation de la laine ou du poil de dromadaire et même de la traite des animaux. Face à cet effet conjugué des stratégies d'adaptation et d'un emploi du temps très occupé, la femme en milieu agropastoral ne trouve plus les occasions pour s'adonner à des activités artisanales rémunératrices de revenus. (Kanoun *et al.* 2014)

Les femmes risquent ainsi d'avantage d'être victimes directes des effets néfastes dues à la réduction des ressources naturelles, des surfaces de parcours et les menaces du changement climatique (FIDA, 2007 in Kanoun *et al.* 2014)

Le processus de recherche qui a été marqué par l'utilisation d'une méthodologie basée sur des outils participatifs et une approche multidisciplinaire a facilité la collecte d'informations concernant une situation complexe où les traditions et coutumes locales constituent une entrave pour l'obtention des explications. Il a permis également d'atteindre une relative compréhension des différentes dimensions du phénomène lié à la déperdition des savoir-faire et de répondre aux différentes hypothèses émises dans une dimension genre. Cette approche a permis de rendre compte de l'importance de ce potentiel traditionnel (traditions et coutumes) et de sa place dans la société rurale et le fonctionnement de la filière. En effet, ces produits de terroir à forte connotation culturelle, symbolisent le mode de vie pastoral et les savoir-faire traditionnels. Les femmes sont les principales actrices de ce processus de transformation ancestral et en même temps les premières victimes (répartition inégale de la valeur ajoutée). Elles sont en effet de plus en plus écartées de la sphère de décision dans les unités de production familiales et des pratiques commerciales de la Qashabiya qui sont sous le contrôle des hommes. En conséquence, les revenus tirés des activités artisanales se sont fortement amenuisés, rendant ainsi les ménages ruraux plus vulnérables sur le plan économique et surtout sur le plan de la reconnaissance sociétale. En dépit de ces facteurs de changement, la Qashabiya est une source de diversification des revenus pour les femmes des petits producteurs des zones agropastorales et rurales. La demande de plus en plus importante pour ce type de produit et ce, à cause de la croissance des villes et l'amélioration des moyens de transports peuvent constituer des opportunités pour permettre aux femmes des entrées régulières de trésorerie. A cet effet, des études et recherches approfondies doivent être lancées pour une meilleure connaissance du fonctionnement de cette filière car peu d'études ont été réalisées et ce, pour tenter de proposer des solutions qui soient compatibles avec l'évolution de cette société traditionnelle (Kanoun *et al.*, 2014).

L'étude de Sumner et Leiby décrit une analyse économétrique des effets de l'expérience sur la taille et la croissance des fermes laitières. D'après cette étude l'analyse de la répartition par taille des cheptels est depuis longtemps importante tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'agriculture.

L'étude de la taille des exploitations s'est concentrée sur les économies d'échelle, la taille optimale « efficace », le changement technique, les descriptions des distributions et les considérations informelles de politique. En dehors de l'agriculture, l'accent a été mis sur les relations entre la taille et la croissance. Dans les deux littératures, il y a une certaine prise de conscience du rôle de l'exploitant de l'entreprise dans la taille et la croissance de l'entreprise (Sumner et Leiby, 1987).

Dans cet article, nous examinons la taille et la croissance du troupeau pour un large échantillon de fermes laitières du sud. Nous mettons l'accent sur la relation entre le capital humain de l'opérateur et la taille transversale et les modèles de croissance. D'autres travaux connexes examinent les problèmes de taille/croissance plus de détails (Sumner et Leiby, 1987). Nos recherches portent sur plusieurs études qui ont évolué selon des voies distinctes. Celles-ci comprennent l'analyse de la répartition par taille des exploitations et le rôle du capital humain dans l'agriculture et la répartition des revenus, et l'analyse de la répartition par taille des entreprises.

Lucas, Jovanovic et d'autres ont produit des modèles de distributions de taille d'entreprise qui sont liés à l'approche de Sumner et Leiby (1987) en mettant l'accent sur le rôle de l'opérateur d'entreprise. L'importance de cette approche pour l'analyse de la répartition de la taille des exploitations est qu'elle met l'accent sur une approche économique plutôt qu'agronomique ou technique. Il souligne qu'il n'y a pas une seule taille de ferme « efficace » avec des fermes plus petites ou plus grandes « inefficaces ». Il se concentre plutôt sur l'agriculteur potentiel et ses attributs en tant que déterminant clé de la taille de l'exploitation. (Sumner et Leiby, 1987).

Le capital humain d'un agriculteur potentiel détermine les caractéristiques de sa ferme. La sélection des personnes dans l'agriculture et le choix de rester dans l'agriculture affectent la distribution de taille et les impacts mesurés sur le capital humain en affectant les caractéristiques des personnes qui exercent réellement l'agriculture. L'étude de Sumner et Leiby (1987) s'appuie sur l'analyse de la thèse de Leiby et utilise l'approche de Cochell et Sumner (Sumner et Leiby, 1987).

### *L'enquête et l'échantillon*

L'échantillon sous-jacent à l'analyse empirique de l'étude de Sumner et Leiby (1987) se compose de répondants à un questionnaire envoyé par la poste à des laiteries de catégorie A sélectionnées au hasard dans onze États du sud à l'hiver 1983. Environ trois quarts des répondants (2 705) avaient dix vaches ou plus à la fin de 1982 et ont fourni suffisamment d'autres informations pour être inclus dans notre échantillon. Des informations étaient disponibles sur la taille actuelle du troupeau, la production annuelle de lait, les quantités d'intrants, la technologie utilisée, l'âge, la scolarité et l'expérience des exploitants, ainsi que la taille du troupeau en 1977 et la taille prévue du troupeau pour 1987 (Sumner et Leiby, 1987).

**Tableau 8:** Définitions et statistiques descriptives de la taille, de la croissance et du capital humain (Sumner et Leiby, 1987)

Variables and Definitions	Whole Sample	Enter		Exit		Continuous
		Yes	No	Yes	No	
<i>SIZE77</i> <sup>a</sup>	100.4 <sup>b</sup>		100.4	90.3	101.7	101.7
Cows, 1977	(102.9)		(102.9)	(84.3)	(104.9)	(104.9)
<i>SIZE82</i>	109.5	97.0	112.5	95.7	112.0	115.2
Cows, 1982	(108.9)	(87.0)	(113.2)	(84.6)	(112.6)	(116.0)
<i>PSIZE87</i> <sup>c</sup>	131.9	130.0	132.3		131.9	132.3
Cows, 1987	(153.9)	(236.1)	(135.3)		(153.9)	(135.3)
<i>LGROW77_82</i> <sup>a</sup>	0.13		0.13	0.01	0.15	0.15
Log( <i>SIZE82</i> )–log( <i>SIZE77</i> )	(0.39)		(0.39)	(0.36)	(0.39)	(0.39)
<i>LPGROW82_87</i> <sup>c</sup>	0.15	0.27	0.13	0	.15	0.13
Log( <i>SIZE87</i> )–log( <i>SIZE82</i> )	(0.26)	(0.34)	(0.24)	(0)	.26)	(0.24)
<i>AGE</i>	47.6	42.7	48.8	52.0	46.8	48.2
Age in years	(12.1)	(12.6)	(11.7)	(11.6)	(12.0)	(11.6)
<i>EXPERIENCE</i> <sup>d</sup>	17.0	9.8	18.7	20.3	16.4	18.4
Years this dairy	(11.8)	(11.3)	(11.2)	(11.9)	(11.7)	(11.2)
<i>SCHOOLING</i>	12.5	12.7	12.5	12.0	12.6	12.6
Years completed	(2.4)	(2.5)	(2.4)	(2.4)	(2.4)	(2.4)
<i>MANAGEMENT</i> <sup>d</sup>	0.68	0.66	0.68	0.59	0.70	0.70
Index of techniques	(0.28)	(0.27)	(0.28)	(0.28)	(0.28)	(0.28)
Number of observations	2,705	513	2,192	421	2,284	1,955

<sup>a</sup> Statistics refer only to those with observations: *WHOLESAMPLE*,  $n = 2,192$ ; *EXIT\_YES*,  $n = 237$ ; *EXIT\_NO*,  $n = 1,955$ .

<sup>b</sup> Means, with standard deviations are in parentheses.

<sup>c</sup> *WHOLESAMPLE*,  $n = 2,284$ ; *ENTER\_YES*,  $n = 329$ ; *ENTER\_NO*,  $n = 1,955$ .

<sup>d</sup> See text.

Le tableau 8 présente les moyennes et les écarts-types des variables sélectionnées pour l'échantillon complet et pour les sous-échantillons par entrée et sortie projetée sur la période de dix ans de 1977 à 1987. Les tests sur les distributions ont permis de rejeter la taille du troupeau log-normale, et la taille du troupeau dans chaque période étaient à peu près en forme de cloche. Dans l'analyse ultérieure, le log naturel du nombre de vaches, *LSIZE*<sub>*t*</sub> est utilisé pour mesurer la taille à chaque date.

*L'âge* varie de dix-neuf à quatre-vingts ans avec une moyenne de quarante-huit. Il y a une répartition assez uniforme de trente-cinq à soixante. l'âge reflète l'expérience générale, le cycle de vie et les effets de cohorte.

*L'expérience* mesure le mandat de l'opérateur principal. De nombreuses laiteries ont été exploitées comme des partenariats familiaux et il semble y avoir une certaine diversité dans l'interprétation du questionnaire.

Cette variable a été utilisée car aucune autre information sur l'expérience de la ferme laitière des principaux décideurs n'était disponible.

Les erreurs dans la variable étaient aléatoires et biaisaient les coefficients de régression vers zéro. Pour un âge donné, plus d'expérience laitière signifie moins d'expérience générale.

*Scolarité* va de huit à dix-huit pour indiquer les catégories de «moins que le secondaire» à «travail postuniversitaire». Il représente le capital humain général.

*Gestion* mesure la proportion utilisée des «techniques de gestion» suivantes : (a) tests de performance du troupeau, (b) insémination artificielle, (c) tests et formulation des aliments, et (d) groupement de production ou registres individuels. Celles-ci sont toutes considérées comme de bonnes pratiques de gestion laitière et sont neutres à l'échelle. Cependant, ils sont choisis par l'opérateur et ne sont pas des mesures directes de «capacité».

Nous utilisons *gestion* comme un indicateur d'informations ou de techniques spécifiques aux produits laitiers, mais reconnaissons qu'une gestion élevée peut également indiquer la capacité d'un individu à pratiquer de bonnes techniques de gestion dans n'importe quelle profession.

Nous avons fourni des raisons et des preuves des effets du capital humain des exploitants sur la taille du troupeau laitier. Il existe un soutien pour les effets de flexibilité et de productivité et un soutien limité pour les effets de sélection.

Sur la croissance, les effets attendus ont été plus mitigés et les seuls résultats clairs indiquent que l'expérience réduit le taux de croissance. Les travaux futurs doivent fournir un traitement économétrique plus détaillé de la taille et de la croissance et des implications pour les problèmes de distribution.

## CONCLUSION

Cette étude peut être synthétisée comme suivant :

Le chapitre 1 présente l'étude de l'élevage ovin en Algérie, qui a permis de déterminer les principales races ovines (Ouled Djellal, Hamra, Barbarine, Srandi, Daraa et Tazegzawt). L'importance de l'élevage ovin en Algérie, réside dans la richesse des ovins représentant une valeur économique loin d'être négligeable en Algérie. En effet, le mouton est l'un des rares animaux capable de tirer profit des environnements hostiles (steppes, hauts plateaux, déserts) rencontrés dans le pays. Aussi l'activité ovine occupe-t-elle une position clé dans l'économie nationale.

Le chapitre 2, explore la nutrition et l'alimentation des ovins montrant que l'alimentation des ovins nécessite la connaissance de certains principes de base en nutrition. Il faut savoir que cette espèce est avant tout un ruminant. Elle partage, à ce titre, des particularités avec d'autres ruminants. Elle possède également plusieurs spécificités propres à son espèce.

Le chapitre 3 présente les aspects de l'amélioration génétique de l'animal. Cette amélioration vise à changer les valeurs phénotypiques moyennes des populations animales exploitées par l'homme, de façon à obtenir les phénotypes les plus intéressants sur le plan économique.

Le chapitre 4 présente une revue de littérature sur le savoir-faire et le développement durable dans le système de production des ovins dans la région de Zibans. EN se basant sur quelques études sur ce sujet, qui met l'accent sur la relation entre le capital humain de l'opérateur et la taille des cheptels. Celles-ci se focalisent et mis en évidence de la répartition par taille des exploitations, le rôle du capital humain dans l'agriculture, la répartition des revenus, et l'analyse de la répartition par taille des cheptels.

## Références bibliographiques

- Abdelguerfi A. & Ramdane S. (2003). Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités à la conservation et à l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Projet alg/97/g31, plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité, Alger, 10,78p.
- Adamou S. ; Bourennane N. ; Haddadi F. ; Hamidouche S. & Sadoud S. (2005). Quel rôle pour les fermes-pilotes dans la préservation des ressources génétiques en Algérie. Série de Document de Travail. Algérie., 126, p 81.
- Ami K. (2013). Approche ostéo-morphométrique des têtes de la population ovine autochtone. Mémoire de Magister en médecine vétérinaire. Université de Constantine.
- Ammerman C.B.; Goodrich R.D. (1981). Advance in Mineral Nutrition in Ruminants. *J Anim Sci.*, 57, 519-533.
- Anjar A, Mounsif M, Mokhtari N et Keli A. (2013). Conduite des élevages des petits ruminants dans la zone centre-est du Maroc: cas de la commune rurale de Tissaf de la province de Boulemane. *Options Méditerranéennes*, A, 10:403-408.
- Armentano, L.E. (1994). Impact of metabolism by extra-gastrointestinal issues on secretary rate of milk protein. *J. Dairy Sci.* 77: 2809-2820.
- Aseltine, M. 1992. Maintenance of high-quality water assures good dairy cattle health. *Feedstuffs*. Sept. 28 : 14.
- Baldwin, R.L., Emery, R.S. and Mcnamara, J.P. 1994. Metabolic relationships in the supply of nutrients for milk protein synthesis integrate modeling. *J. Dairy Sci.* 77: 2821-2836.
- Barlet J.P. ; Davicco M.J. ; Coxam V. (1995). Physiologie de l'absorption intestinale du phosphore chez l'animal. *Reprod. Nutr. Dev.*, 35, 475-489.
- Beauchemin, K.A. AND Iwaasa, A.D. 1993. Eating and ruminating activities of cattle fed alfalfa or orchard grass harvested at two stages of maturity. *Can. J. Anim. Sci.* 73: 79-88.
- Bencherif S. (2011). L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne Evolution et possibilités de développement. Thèse de Doctorat. Université de Djelfa .
- Bencherif S. (2011). L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne Evolution et possibilités de développement. Thèse pour obtenir le grade de Docteur. p 269.
- Benyoucef M.T.; Madani T.; Abbas K. (2000). Systèmes d'élevage et objectifs de sélection chez les ovins en situation semi-aride algérienne. *Options Méditerranéennes. Série A. Séminaires Méditerranéens.*, 43, 101-109.
- Benyoucef M.T., Boutebila S., Kaidi R., Khellaf D., Benaïssa T., Benzidour A. et Zahaf A. (1995). Aspects organisationnels et techniques d'un programme d'étude génétique de la race ovine Hamra dans la région de l'ouest (Algérie). *Options Méditerranéennes* , 11:215-224.

- Boubekeur A & Benyoucef M T .2013. Fonctionnement d'élevages des petits ruminants dans l'oasis de Tillouline, sud-ouest algérien. *Options Méditerranéennes*, A, 108: 397-401.
- Brzezinska-Slebodzinska, E. Miller, J.K., Quigley, J.D., & Moore, J.R. 1994. Antioxydant status of dairy cows supplemented pre-partum with vitamin E and selenium. *J. Dairy Sci.* 77: 3087-3095.
- Casenave P. C. H. (2005). Intérêt De L'administration Orale De Potassium Pour Le Traitement De L'hypokaliémie Chez Les Bovins. Thèse de docteur vétérinaire. Université Nationale Vétérinaire de Toulouse , 101 p.
- Cashman K.D. (2011). Milk Salts/ Macroelements, Nutritional Significance. *In: Fuquay J.W.; Fox P.F.; McSweeney P.L.H. Encyclopedia of Dairy Sciences*. Second Edition. Academic Press. 925-932.
- Chang, X & Mowat, D.N. (1992). Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *J. Anim. Sci.* 70: 559-565.
- Chang, X, Mowat, D.N. AND Spiers, G.A. 1992. Carcass characteristics and tissue-mineral contents of steers fed supplemental chromium. *Can. J. Anim. Sci.* 72:663-669.
- Chellig R. (1992). *Les Races Ovines Algérienne*. Office des Publications Universitaires. Alger.
- Cochell, J E., & Sumner D.A. (1982). Explaining Farm Size Distributions. Work. Pap. No. 78 (revised), North Carolina State University.
- Cole, N.A., McLaren, J.B. & Hutcheson, D.P. (1982). Influence of pre-weaning and B-vitamin supplementation of the feedlot receiving diet on calves subjected to marketing and transit stress. *J. Anim. Sci.* 54: 911.
- Coles E.H. (1979). *Laboratoire en Clinique Vétérinaire*. Editions Vigot.
- Corbett J.L.; Ball A.J. (2002). Nutrition for Maintenance. *In: Freer M.; Dove H. Sheep Nutrition*. Csiro Publishing.
- Deghnouche K. (2011). Etude de certains paramètres zootechniques et du métabolisme énergétique de la brebis dans les régions arides (Biskra).Thèse de Doctorat. Université EL-Hadj lakhdar Batna.
- Dekhili M. (2010). Fertilité des élevages ovins type « HODNA » menés en extensif dans la région de Sétif. Thèse, Département d'Agronomie. Université de Sétif. No. 01-7.
- Dhraief MZ., Bedhraf S., Dhehibi B., Oueslati-Zlaoui M., Jebali O., & Benyoussef S. (2019). Factors affecting innovative technologies adoption by livestock holders in arid area of Tunisia. *New Medit*, 30(4):4-18.
- Douh M. (2012). Caractérisation des paramètres zootechniques de l'élevage ovin en zones steppiques cas de la wilaya de Tébessa. Mémoire de Magistère. Centre Universitaire d'El Taref.
- Droke, E. A. & Loerch, S.C. (1989). Effects of parenteral selenium and vitamin E on performance health and humoral immune response of steers new to the feedlot environment. *J. Sci.* 67:1359.

- Evans G.O. (2009). *Animal Clinical Chemistry: A Practical Handbook for Toxicologists and Biomedical Researchers*. Second Edition. CRC Press.
- Feliachi K., Kerboua M., Abdelfettah M., Ouakli K., Selhab F., Boudjakdji A., Ta-koucht A., Benani Z., Zemour A., Belhadj N., Rahmani M., Khecha A., Haba A. & Ghenim H. (2003). Commission nationale ANGR : Rapport national sur les ressources génétiques animales: algérie. Point focal algérien pour les ressources génétiques. Direction générale de l'INRAA. Ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR).
- FIDA (2007). Le FIDA et le changement climatique. Document REPL.VIII/4/R.10.
- Freer M. (2007). *Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants*. CSIRO Publishing.
- Gilbert, A. (1991). Hygiène et sécurité dans la grande distribution L'hygiène et la sécurité alimentaire dans la filière viande. APRIA. Paris.
- Guéguen 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. 4ème journées de la recherche ovine et caprine*. France.
- Gunter, S.A., Beck, P.A., Wistburq, T.J., Davis, M.E. & Philips, J.M. (2006). Effects of supplementary selenium source on performance, blood measurements, and immune function in beef cows and calves. *All Tech 22ND. Ann. Symp.* 295-308.
- Harkat S. & Lafri M. (2007). Effet des traitements hormonaux sur les paramètres de reproductions chez des brebis « Ouled Djellal ». *Courrier du Savoir*, 8, 125-132.
- Henry P.R. & Miller E.R. (1995). Iron Bioavailability. *In: Ammerman C.B.; Baker D.H. & Lewis A.J. Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acides, Minerals, and Vitamins*. Academic Press. 169-200.
- Hernandez-Calva, L.M., Guerrero-Legarreto, M.I., Perez-Chabela, M.L., Lopez-Arellano, R. & Ramirez-Bribiesca, J.E. (2007). Interaction of dietary selenium and magnesium level on digestive function in lambs fed high-concentrate diets. *J. Appl. Anim. Res.* 31 : 41-46.
- Hornbuckle W. E. & Tennant B.C. (1997). Gastrointestinal Function. *In: Kaneko J.J.; Harvey J.W. & Bruss M.L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Fifth Edition. Academic Press. 367-406.
- INRA (1988). Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris
- Iqbal M.U., Bilal Q.; Muhammed G. & Sadjid M.S. (2005). Absorption, Availability, Metabolism and Excretion of Phosphorus in Ruminants. *Int. J. Agric. Biol.*, 4, 689-693.
- Jean-Blain C. (2002). *Introduction à la nutrition des animaux domestiques*. Editions Technique et Documentation.
- Kaneko J.J.; Harvey J.W.; Bruss M.L. (2008). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals* 6th Edition. Academic Press. p 916.
- Kanoun A.; Kanoun M.; Yakhlef H. & Cherfaoui M.A. (2007). Pastoralisme en Algérie : Systèmes d'élevage et stratégies d'adaptation des éleveurs ovins. *Renc. Rech. Ruminants.*, 14, 181-184.

- Kanoun, M., Kanoun Meguellati, A., Abdellali-Martini, M., Huguenin, J., Cherfaoui, M. L., Ouzzane, A. & Maamri, F. (2014). Les savoir-faire ancestraux et transformation des systèmes d'élevage dans les milieux à composante pastorale: quel avenir pour les produits de terroir de la région de Djelfa., CIHEAM/INRAM/FAO, 339-346.
- Kanoun-Meguellati A & Yakhlef H. (2008). Contraintes et stratégies d'adaptation des éleveurs de moutons dans un milieu à composante pastorale: Cas de Djelfa, Algérie. Colloque international sur le Développement durable des productions animales: enjeux, évaluation et perspectives. Alger, 20-21 Avril.
- Karn, J. F. (2001). Phosphorus nutrition of grazing cattle: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 89(3-4), 133-153.
- Kerboua M., Felachi K.,Abedelfattah M .,Ouakl K .,Selhab F.,Boudjakdji A.,Takoucht,A .,Benani Z.,Zemour A.,Belhadj N.,Rahmani M.,Khecha A.,Haba A.,Ghenim H.(2003)."Rapport national sur les ressources génétiques animales : Algérie." *Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Commission Nationale AnGR* : 1-46.
- Khelifi Y. (1999). Les productions ovines et caprines dans les zones steppiques algériennes. *Options méditerranéennes : Série A. Séminaires méditerranéens*, 38: 245-247.
- Khiati B. (2013). Etude des performances reproductives de la brebis de race Rembi. Thèse de Doctorat en Biologie. Université d'Oran.
- Khiati B. (2013). Etude des performances reproductives de la brebis de race Rembi. Thèse de Doctorat.p 25.
- Klasing K.C. ; Goff J.P. ; Greger J.L. ; King J.C. ; Lall S.P. ; Lei x.g. ; Linn J.G. ; Nielsen F.H. & Spears J.W. (2005). *Mineral Tolerance of Animals*. Second Revised Edition. National Academics Press. p 496.
- Korteby, Hakima Mefti, Zoheir Koudri, Mohamed Amine Saadi. (2017). Caractérisation des performances de la race ovine Algérienne Ouled Djellal type Djellalia dans des conditions steppiques. *Nature & Technology* .
- Laoun A. (2007). Etude morpho-biométrique d'un échantillonnage d'une population ovine de la région de Djelfa. Thèse Magister. ENV, El-Harrach, Alger.
- Lee, R.W., Stuart, R.L., Perryman, K.R. & Ridenour, K.W. (1985). Effects of vitamin supplementation on the performance of stressed beef calves. *J. Anim. Sci.* 61 (Suppl. 1) :425.
- MADRP (2016). Rapport de Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.
- Mamine F. (2010). Effet de la suralimentation et de la durée de traitement sur la synchronisation des chaleurs en contre saison des brebis Ouled Djellal en élevage semi-intensif. Publibook éditions. Paris.
- Martens H. (2011). Diseases of Dairy Animals/Non-infectious Diseases: Grass Tetany. *In: Fuquay J.W.; Fox P.F.; McSweeney P.L.H. Encyclopedia of Dairy Sciences*. Second Edition. Academic Press. p 224-229.

- Martens H.; Gäbel G. & Strozyk B. (1991). Mechanism of Electrically Silent Na and Cl Transport across the Rumen Epithelium of Sheep. *Experimental Physiology*, 76, 103-114.
- Matsui T. (2007). Significance of Magnesium in Animals. In: Nishizawa Y.; Morii H.; & Durlach J. *New Perspectives in Magnesium Research*. Springer London. 381-391.
- McDonald P.; Edwards R.A.; Greenhalgh J.F.A.; Morgan C.A.; Sinclair L.A.; & Wilkinson R.G. (2010). *Animal Nutrition*. Seventh Edition. Pearson Edition.
- McDowell L.R. (2003). *Minerals in animal and human nutrition*. Second edition. Elsevier Science.
- Meschy F. & Guéguen L. (1995). Ingestion et absorption des éléments minéraux majeurs. In: Jarrige R. ; Ruckebusch Y., Demarquilly C.; Farce M.H. & Journet M. *Nutrition des ruminants domestiques : ingestion et digestion*. Editions INRA, Paris. 721-758.
- Meschy F. (2010). *Nutrition minérale des ruminants*. Editions Quae.
- Méhot, H., Cinq-Mars, D., Leboeuf, A., & Bélanger, D. (2008). Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds. Rapport de recherche, projet no. 2190. CDAQ.
- 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 d'Etat. Univ. Constantine.
- Miller E.R. (1995). Potassium Bioavailability. In: Ammerman C.B.; Baker D.H. & Lewis A.J. *Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acides, Minerals, and Vitamins*. Academic Press. 295-302.
- Minvielle (1990). Observation sur le mouton algérien, ses qualités et ses défauts. *Revue Elevages et Cultures*, 126 : 12-17.
- Moinecourt M. & Priymenko N. (2006). L'alimentation en calcium chez la truie en production : bases-recommandations- pathologies associées. *Revue Méd. Vét.*, 157 (3), 121-133.
- Moongi Shaghr, S. & Mowat, D.N. (1993). Effect of level of supplemental chromium on performance serum constituents and immune status of stressed feeder calves. *J. Anim. Sci.* 71: 232:238.
- Mouhous, A., Kadi, S. A., & Brabez, F. (2015). Analyse préliminaire des pratiques de production des élevages ovins en zone de montagne de Tizi-Ouzou (Algérie): cas de l'alimentation. *Livestock Research for Rural Development*, 27.
- Nedjraoui D. (2001). Profil fourrager. USTHB, Alger.
- Nedjraoui D. (2003). Profil Fourrager Algérie. Rapport de FAO..
- Ngombe J., Kalinda T., Tembo G., & Kuntashula E. (2014). Econometric Analysis of the Factors that Affect Adoption of Conservation Farming Practices by Smallholder Farmers in Zambia. *Journal of Sustainable Development*, 7: 124-138.
- Nicholson, J.W.G., Bush, R.S. & Allen, J.G. 1993. Antibody responses of growing beef cattle fed silage diets with and without selenium supplementation. *Can. J. Anim. Sci.* 73: 355-365.

- NRC (1985). *Nutrient requirements of sheep : Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Sixth revised edition. National Research Council. National Academy Press. Washington. D.C.
- Overfield, J.R., Jr & Hatfield, E.E. (1976). Dietary niacin for steers fed corn silage diets. *J. Anim. Sci.* 43: 329.
- Park Y.W. ; Juarez M. ; Ramos M. & Haenlein G.F.W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 88-113.
- Pfeffer E.; & Hristov A.N. (2005). Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle: Reducing the Environmental Impact of Cattle Operations. CAIB Publishing. p 288.
- Ramos M.; Juarez M. (2011). Milk/ Sheep Milk. *In: Fuquay J.W.; Fox P.F.; & McSweeney P.L.H. Encyclopedia of Dairy Sciences*. Second Edition. Academic Press. 494-502.
- Roch, M.J., Kimcaid, R. L. & Carsten, G.E. (2001). Effects of prenatal source and level of dietary selenium on passive immunity and thermo-metabolism of newborn lambs. *Small Rum. Res.* 40 : 129-138.
- Rondia P. (2006). Aperçu de l'élevage ovin en Afrique du nord. *Filière ovine et caprine*, 18: 11-14.
- Rosol T.J.; Capen C.C. (1997). Calcium-Regulating Hormones and Diseases of Abnormal Mineral (Calcium, Phosphorus, Magnesium) Metabolism. *In: Kaneko J.J.; Harvey J.W.; Bruss M.L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals Fifth Edition*. Academic Press. p 619-702.
- Sagne J. (1950). *L'Algérie pastorale : ses origines, sa formation, son passé, son présent, son avenir*. Imprimerie Fontana.
- Saidi M. , Ayad A. , Boulgaboul A. & Benbarek H. (2009). Etude prospective du parasitisme interne des ovins dans une région steppique : Cas de la région d'Ain d'Hab, Algérie. *Annuaire médecine vétérinaire* 153: 224-230.
- Sanson M. (1973). Les ovins dans l'antiquité d'après les vestiges phéniciens et romains en Tunisie et en Algérie. Doc. Tech. Inrat document technique de INRA Tunisie.
- Satter L.D. & Roche J.R. (2011). Feed Ingredients/ Feed Supplements: Macrominerals. *In: Fuquay J.W.; Fox P.F. & McSweeney P.L.H. Encyclopedia of Dairy Sciences*. Second Edition. Academic Press. 371-377.
- Spears J.W; & Engle T.E. (2011). Feed Ingredients/ Feed Supplements: Microminerals. *In: Fuquay J.W.; Fox P.F.; & McSweeney P.L.H. Encyclopedia of Dairy Sciences*. Second Edition. Academic Press. 378-383.
- Srour G, Marie M & AbiSaab S. 2006. Performances productives des élevages caprins et ovins au Liban. *Option Méditerranéennes, Série A* 70: 193-202.
- Sumner, D.A., & Leiby J.D. (1987). An Econometric Analysis of Size and Growth: Size/Growth Relationships, Selection, Entry/Exit and Human Capital. Dep. Econ. and Bus., North Carolina State Univ.
- Sumner. D.A. & Leiby. J.D. (1987). An econometric analysis of the effects of human capital on size and growth among dairy farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 69: 465-70.

- Suttle N. (2011). Nutrients, Digestion and Absorption / Absorption of Minerals and Vitamins. *In*: Fuquay J.W.; Fox P.F. & McSweeney P.L.H. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Second Edition. Academic Press. 996-1002.
- Suttle N.F. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock*. Fourth Edition. Editions CABI.
- Trouette G. (1933). La sélection ovine dans le troupeau indigène. Direction des services de l'élevage. Imprimerie Guiauchin: Alger.
- Turner, R.J. & Finch, J.M. (1991). Selenium and the immune response. *Proc. Nutr. Soc.* 50 : 275-285.
- Turries V. (1976). Les populations ovines algériennes : chaire de zootechnie et de pastoralisme, INA, Alger.
- Underwood E.J. (1977). Iron. *In*: Underwood E.J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Academic Press. p 13-55.
- Wiener, G. & Rouvier R. (2009). *Amélioration génétique de l'animal*. Editions Quae.
- Yabrir, B., Laoun, A., Chenouf, N. S., & Mati, A. (2015). Caractéristiques des élevages ovins de la steppe centrale de l'Algérie en relation avec l'aridité du milieu: cas de la wilaya de Djelfa. *Livestock Research for Rural Development*, 27:10.
- Zinn, R.A., Owens, F.N., Stuart, R.L., Dunbar, J.R. & Norman, B.B. (1987). B-vitamin supplementation of diets for feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 65: 267-277.