



République Algérienne Démocratique & Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur & de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb de Blida -1-

Faculté de Science de la Nature & de la vie

Département des Biotechnologies

# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Option : **Production & Nutrition Animale**

Thème

*Valorisation des coques d'amandes et du figuier de Barbarie dans l'alimentation animale*

Soutenu le :04/07/2018

Présenté par : **AZROU-ISGHI IBTISSEM**

**Devant le Jury :**

<b>M<sup>r</sup> BENCHERCHALI M.</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U.S.D.B-1- Président</b>
<b>M<sup>me</sup> MEFTI-KORTEBY H.</b>	<b>M.C.A</b>	<b>U.S.D.B-1- Promotrice</b>
<b>M<sup>me</sup> BOUBEKEUR S.</b>	<b>M.A.A</b>	<b>U.S.D.B-1- Examinatrice</b>

**Année Universitaire : 2017/2018**



## **Remerciements**

*Tout d'abord je remercie DIEU le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté de continuer mes études.*

*A travers ce mémoire je tiens à remercier infiniment tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

*Mes vifs remerciement et ma vive reconnaissance s'adresse particulièrement à Mme **MEFTI-KORTEBY H**, ma promotrice, pour sa patience, son entière disponibilité, ses précieux conseils, le suivi et l'orientation dont j'ai pu bénéficier, qu'elle trouve ici mes sentiments de gratitude.*

*Je tiens également à remercier vivement Mr **BENCHERCHALI M**, pour l'honneur qu'il me fait d'être président de jury pour la réalisation de ce mémoire.*

*Mes vifs remerciements vont à Mme **BOUBEKEUR S**, pour l'honneur qu'elle me fait d'avoir examinée ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent à tous mes enseignants. Également, je remercie Mme **OUAKLI**, Mme **SID** et Mme **GHANAI**, pour leur disponibilité et leur aide précieuse*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mon cher papa qui n'a jamais cessé de croire en moi, merci pour tes sacrifices, ta patience, merci pour tous ce que tu m'as donné, ce mémoire est le fruit de votre générosité, de vos soutiens et celui de la confiance que vous avez toujours portée envers vos enfants j'espère que je serais une source de fierté pour toi.*

*A La belle étoile qui veille sur moi, la bougie de ma vie à l'être le plus pure, le plus honnête, l'ange gardien de ma vie, et qui est toujours présente dans les étapes les plus importantes de ma vie, comme celle-là, ce mémoire est le fruit de votre prières, j'espère que je me suis la bonne fille que t'as rêvé de l'avoir.  
Maman, aucun mot ne peut s'exprimer ce que t'es.*

*A mes chers frères OUSSAMA & SALAH-EDDINE.*

*Ma famille et qui m'ont aidée d'une façon ou d'une autre dans l'achèvement de ce travail.*

*Mes chères amies AMIRA, FATI, Randa ,Mehdi, Naser et*

*à toute la promo pour leur amitié et leur profond soutien ,mes reconnaissances et sincères remerciements.*



# Sommaire

**Introduction**.....01

## **Première partie : Partie bibliographique**

**Chapitre 01** : Situation des fourrages en Algérie.....02

**Chapitre 02** : Valeur alimentaire et Méthodes de mesure.....13

**Chapitre 03** :Valorisation du figuier de barbarie et des coques d'amande.....19

## **Deuxième partie : Partie expérimentale**

**Chapitre 01** : Matériels et méthodes.....28

**Chapitre 02** : Résultats et discussion.....37

**Conclusion**.....48

**Références bibliographiques**

## Résumé

L'objectif du travail consiste à étudier les caractéristiques nutritives du figuier de barbarie et des coques d'amande, en vue de leur intégration en l'alimentation animale. L'analyse fourragère a été déterminée au laboratoire de zootechnie du département des biotechnologies à l'université de Blida -1-, dans le but de prévoir les valeurs énergétiques et azotées ainsi l'énergie métabolisable chez la volaille et l'énergie digestible chez le lapin.

La composition chimique des sous-produits étudiés, la figue de barbarie, la coque entière et l'écale verte d'amande montrent les résultats respectifs :

- En matière sèche, 14%, 87% et 77%.
- La matière organique, 55%, 98% et 94%
- La matière minérale, 45%, 2% et 6%.
- En cellulose brute, 18%, 54% et 19%,
- Les matières azotées totales, 6%, 2% et 4%.
- Les matières grasses, 9% 6% et 6%

Les valeurs énergétiques prédites sont respectivement celles de l'opuntia, la coque entière et l'écale verte d'amande:

- de 0,73 UF<sub>L</sub> et 0,69UF<sub>V</sub>, 1735 kcal /kg d'aliment ED lapin et 1056 kcal/ kg de MS d'aliment pour EM volailles.
- de 0,59 UF<sub>L</sub> et 0,57 UF<sub>V</sub>, 2112 kcal pour ED lapin et 4011 kcal pour l'EM volailles
- de 0,63 UF<sub>L</sub> et 0,51 UF<sub>V</sub>, 3126 kcal pour ED lapin et 2396 kcal pour l'EM volailles.

Les valeurs azotées sont de 47,34 g de PDIN/ kg MS, 69,75 g de PDIE/kg MS pour figuier de barbarie et 130,42 et 62,86 PDIN/ kg MS et 63,03 et 33,37 g de PDIE/kg de MS respectivement pour la coque entière et l'écale verte d'amande.

**Mots clés :** Alimentation animale, Composition chimique, Coques d'amande, Figuier de Barbarie, Valeur nutritive.

## **Abstract**

### **Title: Valorization of the prickly pear and almond shells in animal feed**

The objective of this work is to study the nutritive characteristics of the Prickly pear and shells almonds , with a view to their integration in animal feed .

The forage analysis of the prickly pear and shells almond were determined at the zoo-technology laboratory of the Department of Biotechnology at the University of Blida in order to determine the energy and nitrogen values of these plants studied .Also metabolizable energy in poultry and digestible energy in rabbits

The chemical composition of the by-products studied, the prickly pear, the whole hull and the green almond shell show the respective results:

- In dry matter, 14%, 87% and 77%.
- Organic matter, 55%, 98% and 94%
- The mineral matter, 45%, 2% and 6%.
- In crude fiber, 18%, 54% and 19%,
- Total nitrogen content, 6%, 2% and 4%.
- Fat, 9% 6% and 6%.

The predicted energy values are respectively those of *Opuntia*, the whole shell and the almond green shell:

- 0.73 UFL and 0.69UFV, 1735 kcal / kg rabbit ED feed and 1056 kcal / kg DM feed for EM poultry.
- 0.59 UFL and 0.57 UFV, 2112 kcal for ED rabbit and 4011 kcal for EM poultry.
- 0.63 UFL and 0.51 UFV, 3126 kcal for ED rabbit and 2396 kcal for EM poultry.

Nitrogen values were 47.34 g PDIN / kg DM, 69.75 g PDIE / kg DM for prickly pear and 130.42 and 62.86 DINP / kg DM and 63.03 and 33.37 g PDIE / kg of MS respectively for the whole shell and almond green shell.

**Key words:** Animal feeding, prickly pear, shells Almond, Chemical composition, Nutritional value.

## ملخص

العنوان: تثمين التين الشوكي وقشور اللوز في العلف الحيواني.

هدف من هذا العمل هو دراسة الخصائص الغذائية للتين الشوكي وقشرة اللوز ، بهدف دمجها في العلف الحيواني... تم تحديد تحليل العلف للتين الشوكي والصدفة اللوزية في مختبر تكنولوجيا الحيوان في قسم التكنولوجيا الحيوية بجامعة البليدة-1 من أجل تحديد قيم الطاقة والنيتروجين في هذه النباتات التي تم دراستها ، وكذلك الطاقة الاستقلابية في الدواجن والطاقة القابلة للهضم في الأرناب.

التركيب الكيميائي للمنتجات الثانوية التي تمت دراستها ، التين الشوكي ، بدون كامل وقشرة اللوز الخضراء تظهر النتائج ذات الصلة .

في المادة الجافة ، 14 % ، 87 % و 77 %  
المادة العضوية ، 55 % ، 98 % و 94 %  
المادة المعدنية ، 45 % ، 2 % و 6 %  
في الالياف الخام ، 18 % ، 54 % و 19 % ،  
مجموع محتوى النيتروجين ، 6 % ، 2 % و 4 % -  
الدهون ، 9 % 6 % و 6 % -

قيم الطاقة المتوقعة هي على التوالي تلك قيم التين البربري و القشرة الكاملة و القشرة الخضراء.

UFL 0.73 و UFV 0.69 ، و 1735 كيلو كالوري / كغم أرناب ألياف تغذية و 1056 كيلو كالوري / كجم من علف الدواجن.

UFL 0.59 و UFV 0.57 ، و 2112 سعرة حرارية لأرناب ، و 4011 سعرة حرارية لدواجن EM.  
- UFL 0.63 و UFV 0.51 ، و 3126 سعرة حرارية لأرناب ED و 2396 سعرة حرارية لدواجن EM.  
قيم النيتروجين 47.34 gPDIN / kg DM ، P / kg DM ، PDIE / kg DM 69.75 للتين الشوكي و 130.42 و 62.86 PDIN / kg DM و 63.03 و 33.37 جرام PDIE / kg DM من MS على التوالي للقشرة الصدفية والقشرة الخضراء.  
الكلمات المفتاحية: تغذية الحيوانات ، التركيب الكيميائي ، التين الشوكي ، قشرة اللوز ، القيمة الغذائية.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Ressources fourragères en Algérie.....	04
<b>Tableau 02</b> : La répartition des effectifs des animaux.....	06
<b>Tableau 03</b> : Evolution du cheptel bovin.....	07
<b>Tableau 04</b> : Evolution du cheptel ovin et caprin.....	10
<b>Tableau 05</b> : Les principales variétés existantes en Algérie .....	21
<b>Tableau 06</b> : Composition chimique de la figue de barbarie.....	23
<b>Tableau 07</b> La composition chimique du figuier de barbarie.....	37



## **Liste des figures**

<b>Figure 01</b> : Mesure de la valeur alimentaire des aliments	<b>14</b>
<b>Figure 02</b> : Critères mesurés pour la prévision de la valeur alimentaire	<b>15</b>
<b>Figure 03</b> : Figuier de barbarie	<b>19</b>
<b>Figure 04</b> : Photographie de figuier de barbarie	<b>24</b>
<b>Figure 05</b> : Amandes.	<b>25</b>

## Liste des abréviations

**%** : pourcentage

**ADF** : fibre à détergeant acide

**ADL** : lignine

**AOAC** : Association of official analytical chemists

**BLA** :Bovin Laitier Amélioré

**BLM** : Bovin laitier moderne

**BMV** : Bloc multi nutritionnelle

**CB** : Cellulose brute

**EB** :Energie brute

**EM** : Energie métabolisable

**GMQ** : Gain moyen quotidien

**INRA** : Institut nationale de la recherche agronomique

**Kg** : Kilogramme

**MAD** : Matière azotée digestible

**MADR** : Ministère d'Agriculture et du Développement Rural

**MAT** : Matière azotée totale

**MM** : Matière minérale

**MO** : Matière organique

**MS** : Matière sèche

**NDF** : Fibre à détergeant neutre

**PDIE** : Protéine Digestible dans l'Intestin permises par l'énergie

**PDIN** : Protéine Digestible dans l'Intestin permises par l'Azote.

**SAT** :Superficie agricole totale

**SAU** :Superficie agricole utile

**UFL** : Unités fourragères lait

**UFV** : Unité fourragère viande



# **INTRODUCTION**

L'alimentation des animaux d'élevage est une problématique multidimensionnelle. Les éleveurs doivent répondre en même temps à plusieurs préoccupations à savoir, satisfaire les besoins nutritionnels des animaux, assurer la qualité des produits, optimiser les charges ayant trait à l'alimentation, éviter le gaspillage et la pollution.

Le développement industriel et économique de ces dernières décennies a entraîné une forte production de déchets ou de sous produits. Ceux de l'agriculture sont souvent non valorisés. Dans un pays comme l'Algérie où le déficit fourrager est récurrent, la valorisation des sous produits de l'agriculture est plus que nécessaire. Elle permet de réduire la charge du poste d'alimentation. Cette dernière représente la partie la plus importante des charges opérationnelles de la production animale, de 25 à 70 % du coût total de production selon sa contenance en matières premières industrielles ou en sous produits (**Phocas et al., 2014, Saidj, 2016**).

Les sous produits agro industriels ou de l'agriculture sont relativement abondants en Algérie et peuvent contribuer à l'amélioration de l'alimentation du bétail de la région dans laquelle ils sont issus. Cette alternative est prometteuse du fait de l'accroissement des niveaux de production aussi bien dans les domaines des légumes frais que pour ceux des fruits à noyaux ou à pépins et des dattes (**Abis et al., 2009 cités par Lakhdara, 2014**)

Dans le but de valoriser des sous produits de l'agriculture potentiellement fourragers, ce travail se propose sur l'étude des caractéristiques nutritives des fruits du figuier de barbarie et des coques d'amandes. Pour atteindre cet objectif ce travail a été structuré en trois parties :

- La première est consacrée à une synthèse bibliographique.
- La seconde est consacrée aux matériels et méthodes désignant les analyses des aliments (teneurs en MM, CB, MAT,) ainsi que les formules permettant de calculer les valeurs énergétiques et azotées
- La troisième partie est consacrée à la discussion des résultats obtenus lors de cette expérimentation.

**PARTIE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

**CHAPITRE 1 :**  
**SITUATION DES FOURRAGES EN**  
**ALGERIE**

## 1.1. Potentiel fourrager en l'Algérie :

Selon **Bencherchali et Houmani 2017**, Les cultures fourragères, occupent annuellement 797 000 hectares, soit 9,5 % de la SAU et de 14% de la SAT (**Chabaca, 2009**). En outre, les superficies de fourrages artificiels (69% du total) représentent la part la plus importante avec 542 202 ha (fourrages en sec, 51,6% et fourrages en vert ou ensilés, 17,4%), celles des prairies naturelles n'étant que de 241 854 ha (30%) (**Soukehal, 2013**). Selon le même auteur, la production fourragère irriguée occupe une superficie de 57 651 ha, soit 6% des cultures irriguées qui restent dominées par l'arboriculture fruitière (45,2%) et le maraîchage (32,3%).

L'analyse du potentiel productif agricole du pays fait ressortir, une faiblesse des superficies en terres cultivables; une structure marquée par des aptitudes agropédologiques défavorables; une jachère trop importante; et un faible taux d'irrigation et de mobilisation des eaux (**Bessaoud, 1994**). Ces contraintes ont comme conséquence, la faiblesse des superficies et de la production fourragère et pastorale, (**Chebouti et al., 1995**). Rappelant que la superficie agricole utile (SAU) est estimée à 8 488 027 millions d'hectare. Elle représente 19,6 % de la superficie agricole totale (SAT), dont les pacages et les parcours qui occupent la plus grande partie (76%) (**MADR, 2016**).

L'insuffisance des ressources fourragères constitue un obstacle au développement de l'élevage en Algérie. Pour des besoins annuels estimés à environ 10,5 milliards d'UF (unités fourragères), les disponibilités ne sont en moyenne que de 5,2 milliards d'UF, soit un taux de couverture de 50% (**Chehat et al., 2009**). La distribution des fourrages se fait paradoxalement selon les réserves au niveau de l'exploitation et non selon les besoins des animaux. Ces derniers reçoivent des rations constituées parfois de 65% de concentré qui coûte de plus en plus cher (**Senoussi, 2008**). L'industrie des aliments du bétail, quant à elle, ne peut fournir qu'un appoint de l'ordre de 1,3 milliards d'UF (**Amellal, 1995**). Le recours à la valorisation des sous produits de l'agriculture semble de plus en plus intéressant, sans pour autant prétendre d'être une solution.

### 1.1.1. Les fourrages cultivés

Au départ, les fourrages cultivés étaient composés essentiellement de vesce-avoine qui représentait 70% de la surface cultivée; alors que 10% de la superficie était affectée aux

céréales, orge, avoine et seigle. La luzerne et le sorgho étaient peu représentatifs, 1 à 5% de la superficie cultivée (**Abdelguerfi, 1987**). La situation actuelle est autre, où la luzerne et le trèfle sont les plus demandés. En effet l'Algérie importe annuellement des quantités importantes en semences fourragère, essentiellement le trèfle, la luzerne, la fétuque et le ray gras. En, 2007 le tonnage est à raison de 64 tonnes de graines pour la luzerne et le trèfle, 6,4 pour la fétuque et 4,72 pour le ray grat (**Issolah, 2008 cité par Chibani, 2010**). L'offre fourragère est de 1000 à 1200 UF / hectare (**Nedjraoui, 2001, Merouane, 2008, in Kali et al., 2011**). Tableau 1.

### 1.1.2. Les fourrages naturels

Les fourrages naturels sont représentés par les prairies naturelles et les jachères fauchées occupant respectivement 11 % et 89 % de la superficie des fourrages naturels. Leurs rendements respectifs sont de 30,7 qx/ha et 24,9 qx/ha (**Ahmed Serrir, 2017**). Les cultures permanentes dont les prairies naturelles, ne dépassent pas 1% de la SAU, (**MADR, 2016**).

### 1.1.3. Les jachères

La régression de la superficie des prairies naturelles s'est poursuivie depuis l'indépendance à nos jours. Les prairies, de bas-fonds et des bords d'oued, ont été défrichées et utilisées par la céréaliculture, la viticulture et/ou l'arboriculture, les cultures maraîchères, certaines prairies ont été loties pour la construction d'habitations (**Abdelguerfi et al., 2008**).

Les jachères ont une importance en tant que ressource fourragère et alimentaire malgré leur très bas niveau de production, estimée 250 UF/ha (**Nedjraoui, 2001**) et à 360 UF/ha (**Abbas et Abdelguerfi, 2005**).

### 1.1.4. Les pacages et parcours forestiers

Les surfaces des pacages et parcours ont nettement régressé depuis 1986, et en particulier en 1991. Les prairies naturelles, ont été reconverties en: céréales, vesce avoine, arboriculture, et cultures maraîchères. Avec le partage des terres étatiques, le processus de défrichement s'est accéléré, et les cultures rentables ont pris place (plasticulture, arboriculture...) (**Laour et al., 1997**). Quant aux parcours forestiers, ils ont régressé avec la réduction des surfaces boisées, ces dernières ont diminué d'un million d'hectare entre

1955 et 1997 (**Bedrani, 2002**). La productivité est parmi les plus faibles soit 150UF / ha (**Nedjraoui, 2001, Merouane, 2008, in Kali et al, 2011**).

### 1.1.5. Les terres pastorales (la steppe)

Ces terres couvrent environ 20 millions d'hectares, limitée par les isohyète 300 mm ou 400 mm, (**Bédrani, 1995**). Ces parcours ont été fortement réduits par les années de sécheresse, et par l'extension de la céréaliculture e (**Abdelguerfi et al., 1997**).

Actuellement, ils sont dans un état de dégradation alarmant, parmi les raison évoqué le surpâturage (**Segdi, 2017**). La production n'est que de 10 à 20% de la production potentielle, en raison de la dégradation (**Le Houérou, 1975; 1995**). Le potentiel fourrager étant le plus faible soit 100 UF /ha (**Nedjraoui, 2001 et Merouane, 2008, in Kali et al.,2011**).

**Tableau 1** : Ressources fourragères en Algérie (Merouane, 2008, in Kali et al., 2011)

<b>Ressources fourragères</b>	<b>Superficie (hectares)</b>	<b>Productivité moyenne UF/ ha</b>	<b>Observations</b>
Parcours steppiques	15 à 20 millions	100	Plus ou moins dégradés
Forêts	Plus de 03 millions		-
Chaumes de céréales	Plus de 03 millions	300	Nécessité d'améliorer la qualité des chaumes -
Jachères pâturées	Moins de 02 millions	250	Nécessité d'orienter la végétation
Fourrages cultivés	Moins de 500	1000-1200	Orge, avoine, luzerne, trèfle, vesce avoine et le sorgho
Prairies permanentes	Moins de 300	-	Nécessité d'une prise en charge

Source : (Merouane, 2008, in Kali et al., 2011)

A la faiblesse de la disponibilité, il faut ajouter la faiblesse de la qualité du fourrage qui constitue une contrainte de taille pour l'élevage (**Benaïssa, 2010**).

La faiblesse de la qualité des fourrages constitue aussi un handicap majeur pour l'élevage, 70% des fourrages sont composés par des espèces céréalières, orge et avoine, avec une diminution des surfaces cultivées en fourrages, elles sont passées entre 1992 à 2003, de 0.5 millions hectares à moins de 300000 hectares, dont la luzerne et le sorgho ne présentent que des faibles surfaces (**Djebbara, 2008**).

Ce déficit fourrager a des répercussions négatives sur la productivité des animaux et se traduit par un recours massif aux importations de produits animaux laitiers et carnés. Cette situation découle du fait que la production et la culture des fourrages en Algérie reste, à bien des égards, une activité marginale des exploitations agricoles. L'écart entre les besoins du cheptel algérien et les disponibilités fourragères s'est d'ailleurs accentué suite à l'augmentation des effectifs de l'ensemble des espèces animales, accélérant ainsi la dégradation des parcours et de la composition floristique des prairies, ainsi que la diminution de leur production (**Bouzida et al., 2010**). Un effectif animal plus réduit, peut être plus rentable dans la mesure où tous ses besoins sont couverts et est mieux conduit.

L'apport énergétique explique l'essentiel des variations, parfois considérable, des taux protéiques. Un taux protéique élevé peut être relié à de forts apports énergétiques des rations distribuées aux vaches, ces apports permettent une importante ingestion des aliments concentrés et s'accompagnent d'une production élevée (**Bony et al., 2005**).

Plus des 2/3 des besoins protéiques du cheptel sont couverts par des aliments concentrés (**Soukehal, 2013**). Ajoutons que l'industrie nationale des aliments du bétail ne fonctionne que sur la base de matières premières importées. Les quantités de maïs et de soja sont passées de 2,4 millions de tonnes en 2000, à 3,01 millions en 2007 soit, en valeur, de 328 Mn\$ en 2000 à 750,6 Mn\$ en 2007 (**Kali et al., 2011**).

L'élevage algérien subit des contraintes alimentaires qui limitent non seulement la production fourragère au niveau des exploitations agricoles mais également la fabrication d'aliments concentrés. Cette fabrication industrielle est elle-même très dépendante des approvisionnements en matières premières sur le marché extérieur, qui se traduisent par des coûts d'importations élevés. En Algérie, le problème de l'alimentation du bétail se pose avec acuité, ce qui oblige l'Etat à recourir à l'importation de grandes quantités

d'aliment, surtout des concentrés (maïs, orge, tourteaux...etc.) pour palier à ce déficit (Chehema et al., 2005). La dépendance des animaux aux grains est accentuée par une concurrence entre les espèces.

## 1.2. Les élevages pratiqués en Algérie

### 1.2.1. Ruminants

Le tableau 2 indique que les effectifs du cheptel herbivore national des ovins, bovins, caprins et camelin.

**Tableau 2** : La répartition des effectifs des animaux selon (MADR, 2016).

Animaux	Ovin	Bovin	Caprin	Camelin
Effectif	28 111 773	2 149 549	5 013 950	362 265

Source :(MADR, 2016).

#### 1.2.1.1. L'élevage bovin

Avec un effectif bovin total de plus de 2 millions de têtes (MADR, 2016), l'élevage bovin joue un rôle important dans l'économie agricole Algérienne. Il contribue à 30% à la couverture des besoins nationaux en protéines animales (Bakhouche, 2011)

La répartition de l'élevage bovin est fonction de l'altitude. Il prédomine jusqu'à 1500m dans les plaines et les vallées (Nadjraoui, 2001). Le cheptel bovin Algérien est constitué d'une population bovine locale (à l'état pure ou croisée) et de races importées.

Le bovin local appartiendrait à un seul groupe dénommé la Brune de l'Atlas ; cette race a donné naissance à des rameaux tels que la Guelmoise, la Cheurfa, la Sétifiene et la Chélifienne. Il est connu pour sa rusticité, en résistant à des conditions climatiques difficiles, capables de valoriser des fourrages pauvres, ce qui fait qu'il est peu productif (Yakhlef et al., 2002)

Le Bovin importé dit bovin laitier moderne « BLM » hautement productif, il est conduit en intensif, dans les zones à fort potentiel de production fourragère, au niveau des plaines et des périmètres irrigués autour des villes, avec 346 657 vaches laitières

(MADR,2015). Il comprend essentiellement les races Holstein, Frisonne, Pie Noire, Montbéliarde, Pie Rouge de l'Est, et la Tarentaise.

Le Bovin Laitier Amélioré « BLA », C'est un ensemble constitué de croisements (non contrôlés) entre la race locale « Brune de l'Atlas » et des races introduites. Il est localisé dans les collines et les zones de montagne, son alimentation est constituée par le pâturage d'herbe de prairies avec un complément de paille.

La spécialisation en élevage bovin dans le contexte Algérien est peu pratiquée et la production mixte (lait – viande) domine les systèmes de production. A l'exception des ateliers engraisseurs pratiquant uniquement la finition des taurillons, la majorité des systèmes est mixte (Bakhouche, 2011).

Les évolutions des effectifs en bovins sont illustrées dans le tableau 3.

**Tableau 3:** Evolution du cheptel bovin (Unité : Tête)

	Vaches laitières			Génisses + 12 mois	taureaux	Taurillons 12 à 18 mois	Veaux et velles – 12 mois	Total
	BLM	BLA + BLL	Total					
<b>2010</b>	239 776	675 624	<b>915 400</b>	212 323	62 263	141 817	415 897	<b>1 747 700</b>
<b>2011</b>	249 990	690 700	<b>940 690</b>	218 382	65 392	152 417	413259	<b>1 790 140</b>
<b>2012</b>	267 139	698 958	<b>966 097</b>	220 627	63 476	150 852	442878	<b>1 843 930</b>
<b>2013</b>	293 856	714 719	<b>1 008 575</b>	226 907	67 325	152 551	454097	<b>1 909 455</b>
<b>2014</b>	328 901	743 611	<b>1 072 512</b>	246 758	77 453	172 861	480068	<b>2 049 652</b>
<b>2015</b>	346 657	761 143	<b>1 107 800</b>	254 600	87 157	190 039	509953	<b>2 149 549</b>

Source : MADR. 2016

L'effectif total bovin, estimé à 2 149 549 têtes (6 % de l'effectif total du cheptel national) avec 51 % de vaches laitières, a connu une évolution de 19 % entre les deux campagnes agricoles 2010/2015, avec une fluctuation annuelle entre 2% et 7 % (Ahmed Serir ,2017).

Cette faible évolution est probablement due à la mauvaise conduite de la reproduction, ce qui ralentie le renouvellement du cheptel (intervalle vêlage-vêlage long) et à la réforme des vaches moins performantes. Notamment, dans les périodes où l'alimentation devient insuffisante pour couvrir les besoins des animaux afin de minimiser les pertes financières.

La maîtrise de la reproduction est un facteur déterminant dans l'économie d'un élevage. En effet, la présence d'animaux qui ne se reproduisent pas augmente les charges de l'éleveur et empêche le renouvellement du troupeau de manière correcte. (**Belhadia et al.,2009**)

Selon **Bouzebda et al., 2007**, la faible disponibilité alimentaire concourt à de graves conséquences, les éleveurs privés qui gèrent la majorité du bovin national n'ont pas bénéficié de programmes de soutien alimentaire. Ceci s'ajoute au manque de pâturage.

#### **1.2.1.2. L'élevage ovin et caprin**

L'espèce ovine, la plus importante en effectif, représente 78 % du total du cheptel national avec plus de 28 millions de têtes (**MADR,2016**). Elle compte plusieurs races, leur principale caractéristique est l'excellente adaptation à des conditions de production souvent précaires. Les ovins sont répartis sur toute la partie 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 (**Kerboua et al., 2003**)

Le cheptel ovin est dominé par trois principales races bien adaptées aux conditions du milieu (**Chellig, 1992, Nadjraoui, 2001**) :

- 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 Rembi, 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).
- Des races dites secondaires, à effectifs réduits, regroupant la race Zoulai, D'man, Barbarine, la race Targuia-Sidaou et la Taâdmit.

Comme montre le tableau 4, le cheptel ovin a connu un taux de croissance annuel d'environ 5 % durant les campagnes agricoles successives de l'an 2010 à 2014, cette évolution a diminué à % en 2015.

Le cheptel caprin est estimé à plus de 5 millions de têtes, soit 14 % de l'effectif total (MADR. 2016). Il est plus concentré, dans les zones difficiles et les régions défavorisées de l'ensemble du territoire où la conduite est extensive : Steppe, région montagneuse et oasis (Kerboua *et al.*, 2003).

La population des races caprines locales comprend principalement:

- la race Arbia, localisée particulièrement dans la région de Laghouat ;
- la race Kabyle, occupant les montagnes de Kabylie et des Aurès ;
- la race Makatia, localisée dans les hauts plateaux et dans certaines zones du Nord ;
- et enfin la race M'Zabia, localisée dans la partie septentrionale du Sahara.

L'élevage de ces races est adapté et orienté vers une production mixte (viande et lait).

Les races importées sont représentées principalement par la Saanen et à un moindre degré par l'Alpine, importées d'Europe et caractérisées par leur forte production laitière.

La population métissée est issue de croisements contrôlés ou incontrôlés des races locales avec les races Maltaise, Damasquine, Murciana, Toggenburg, Alpine et Saanen. L'objectif de ces croisements reste varié selon les régions et les éleveurs (Moula *et al.*, 2003 cités par Nessah, 2018). A titre d'exemple, un croisement contrôlé de substitution dans la région de Ghardaa, entre des géniteurs Shami et des femelles M'zaba a amélioré significativement les performances zootechnique du caprin local (Chihani, 2013 ; Mefti Korteby *et al.*, 2015).

La progression des effectifs en caprin fluctue entre 3 et 6 % entre 2010 et 2014. Cet élevage a régressé de 9 % durant la campagne 2014/2015 (Tableau 5).

**Tableau 4** : Evolution du cheptel ovin et caprin (Unité : Tête)

Années Espèces	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ovin	22 868 770	23 989 330	25 194 105	26 572 980	27 807 734	28 111 773
Caprin	4 287 300	4 411 020	4 594 525	4 910 700	5 129 839	5 013 950

Source : MADR. 2016

### 1.2.1.3. L'élevage camelin

Le cheptel camelin est évalué à 362 265 de têtes soit 1% de l'effectif national des animaux (**MADR, 2016**). Il est repartit sur trois principales zones d'élevage : le Sud- Est, le Sud-ouest et l'extrême Sud avec respectivement 52,18 et 30% de l'effectif total.

Le mode d'élevage extensif, pratiqué pour l'élevage de camelin en Algérie, constitue un handicap pour l'augmentation des effectifs.

Les populations camelines appartiennent à deux grands groupes génétiques : le Chaâmbi et le Targui (Méharie) qui comptent toutefois des sous types : Reguibi, Sahraoui, Chameau de l'Aftouh, l'Adjer, l'Ait Kebbach, Ouled Sidi Echikh et Chameau de la steppe (Collectif, INRA, 2003). Le dromadaire est utilisé à différentes fins : la production (viande, lait, poils, peaux), le transport, le travail (labour) et le tourisme loisirs (**Kerboua et al., 2003**).

## 1.2.2. Principaux monogastriques

### 1.2.2.1. Elevage Avicole

C'est l'élevage le plus dominant en Algérie basé sur le couple des matières premières «Mais +tourteaux de soja». Pour les raisons économiques, la formulation doit répondre à la qualité et au prix. Il faut donc fournir juste d'éléments nutritifs pour satisfaire les besoins de l'animal sans excès (**Anonyme1, 2011**).

**Kaci (2015)** a signalé que cette filière reste vulnérable et ce pour au moins deux raisons. Tout d'abord, l'importation de tous les éléments clés de la chaîne expose les opérateurs nationaux aux risques des fluctuations des cours mondiaux de ces éléments. Ensuite, elle conserve toujours un caractère dual (modèles industriel et artisanal) et rencontre des problèmes organisationnels, techniques et économiques.

En Algérie, la filière avicole est largement dominée par l'aviiculture moderne intensive, exploitant des souches hybrides sélectionnées dans un système industriel. En effet, l'aviiculture traditionnelle reste marginalisée et est pratiquée essentiellement en élevages de petite taille (**Moula, 2009, Saidani, 2018**). L'Algérie présente un potentiel en espèces aviaires locales. En effet des spécimens de poules locales de dinde (Blanche, bronzé, noire et rousse) (**Bencherchali, 1989, ould kheroubi, 2000 et Beghdaoui, 2002**) et

de pintade (grise pigmentée) (**Korteby, 1989** et **Mefti Korteby et al.,2012**) peuvent être valorisés dans des parcours et intensifiés en vue des programmes d'amélioration génétique.

La production nationale du secteur avicole enregistre en 2014 un volume considérable ; elle est évaluée à 483 186 tonnes de viande blanche et 6,16 milliards d'œufs de consommation, la production du secteur privé représente respectivement 96 % et 98 % de la production totale.

Selon **Alloui (2011)**, la forte dépendance des marchés extérieurs en intrants surtout pour les aliments concentrés demeure le principal handicap au développement de l'aviculture Algérienne.

#### **1.2.2.2. L'élevage cunicole**

Selon les statistiques de la FAO en 2012, la production mondiale de viande de lapin est estimée à 1,8 million de tonnes. La Chine est de loin classée le premier pays producteur.. La production nationale annuelle en viande de lapin est estimée seulement à 7000 tonnes, avec une consommation moyenne de 1 Kg de viande de lapin par habitant et par an (**FAO, 2009**).

Entre 1985 et 1988, il y a eu une tentative d'intensification basée sur un cheptel exotique. Néanmoins, cette action a échoué en raison de nombreux facteurs tels que la méconnaissance de l'animal et l'absence d'une bonne couverture alimentaire et sanitaire (**Berchiche, 1999**).

L'élevage des populations locales dans certaines régions a donné de bons résultats notamment en matière de viabilité et de reproduction. Néanmoins, le niveau des performances de croissance sans l'amélioration génétique est considéré comme faible en dessous de celui du lapin du format moyen (**Mefti Korteby et al.,2010**)

Parmi les problèmes que rencontre cette filière naissante, l'absence de reproducteurs améliorés, le prix élevé et la qualité des aliments, constitués en grande partie des matières premières importées (maïs, tourteaux de soja, luzerne... etc.), en sont les plus importants (**Kadi, 2012**). Certains croisements génétiques sont très prometteurs ayant pour substrat maternel la population locale. En effet, les souches synthétiques présentent de meilleures performances de croissance, de reproduction ou les deux à la fois (**Sid, 2010**,

**Belkahla et chabane, 2009, Bergoug et Boukraa, 2010, Mefti korteby , 2012 et Mefti Korteby et *al.*, 2013)**

Selon **Moulla et Yakhlef. (2007)**, la part cunicole dans la production animale est très faible. La production est assurée en grande partie dans des petits élevages avec des lapins de la population locale (**Daoudi et *al.*, 2003**).

**CHAPITRE 2:**  
**VALEUR**  
**ALIMENTAIRE & METHODES DE**  
**MESURE**

Pour satisfaire les besoins des animaux, il est important de connaître la valeur alimentaire des fourrages distribués.

La valeur alimentaire : est la capacité d'un aliment ou d'une ration à couvrir les besoins nutritionnels d'un animal (**Baumont et al.,1999**).

D'après **Jarrige (1988) et Soltner (1999)**, l'estimation de la valeur d'un fourrage peut être obtenue à partir d'une analyse au laboratoire, car les mesures de la digestibilité, faites sur animaux, nécessitent des installations complexes et des quantités importantes d'aliments à tester; et sont donc très coûteuses. Pour obvier à ces difficultés, de nombreux chercheurs ont mis au point des techniques de laboratoire qui permettent d'obtenir une estimation correcte des coefficients de digestibilité pour autant qu'il y ait une bonne corrélation entre les valeurs "*in vivo*" et "*in vitro*", donc elle est estimée plus précise à partir d'une analyse au laboratoire par la méthode de la composition chimique des aliments (**INRA., 1981 ; Jarrige., 1988**).

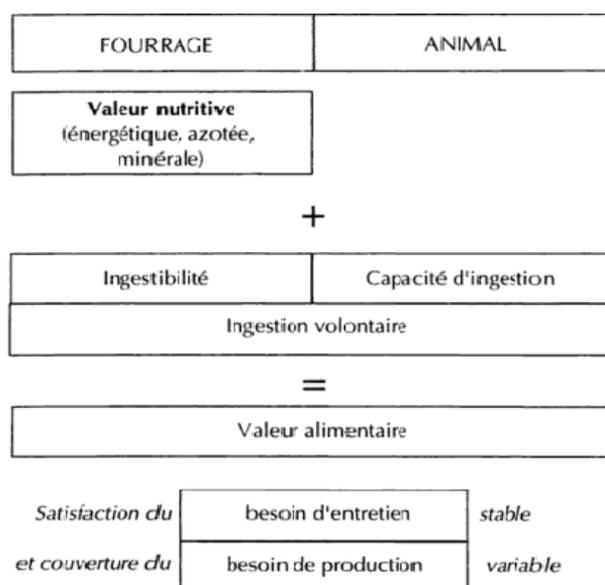
### 2.1. Notion de la valeur alimentaire

La valeur alimentaire (figure. 1) d'un fourrage recouvre deux notions complémentaires: la valeur nutritive et l'ingestibilité (**Demarquilly,1988**). l'ingestibilité reste le critère de la valeur alimentaire le plus rarement étudié (**Guerin, 1989**).

- La valeur nutritive : représente le pourcentage ou la quantité de l'élément considéré par unité de masse de l'aliment (**Meyer,2009**). Donc, la valeur nutritive représente la concentration en éléments nutritifs (azote, énergie, minéraux et vitamines) du fourrage. Elle est déterminée au laboratoire par l'analyse chimique du fourrage et par la mesure de sa digestibilité à l'aide de méthodes chimique, biologique ou enzymatique (**Guerin, 1999**).
- La valeur azotée : les apports alimentaires et les besoins des animaux en azote ont longtemps été exprimés en matières azotées digestibles (MAD), qui correspondent au bilan digestif apparent de l'ensemble des matériaux azotés (**Gautier et al., 1991**). L'INRA a développé un système d'évaluation de la nutrition azotée. Ce nouveau système, appelé système PDI (protéines digestibles dans l'intestin Grêle). Il se caractérise par une valeur alimentaire pour chaque aliment et un besoin pour chaque Animal a chaque stade physiologique.

La valeur énergétique du fourrage dépend avant tout de la teneur en matière organique digestible et par là du coefficient de digestibilité de la matière organique. L'énergie nette (EN) exprimée en UFL (unité fourragère lait) et en UFV (unité fourragère viande) correspond à la part de l'énergie de l'aliment effectivement utilisée par l'animal pour l'entretien, la production de lait et la production de viande (**Salhi., 2013**). Le principal facteur de variation de la teneur en énergie nette des aliments est la digestibilité de l'énergie brute qu'ils contiennent et qui est très étroitement liée à la digestibilité de la matière organique (dMO) (**Baumont et al., 2008**).

- L'ingestibilité est l'aptitude d'un fourrage à être consommé en grande quantité par un herbivore (**Mazoyer.,2002**).



**Figure.1** : Mesure de la valeur alimentaire des aliments (**Guerin., 1999**).

## 2.2. Méthode d'évaluation de la composition chimique des fourrages

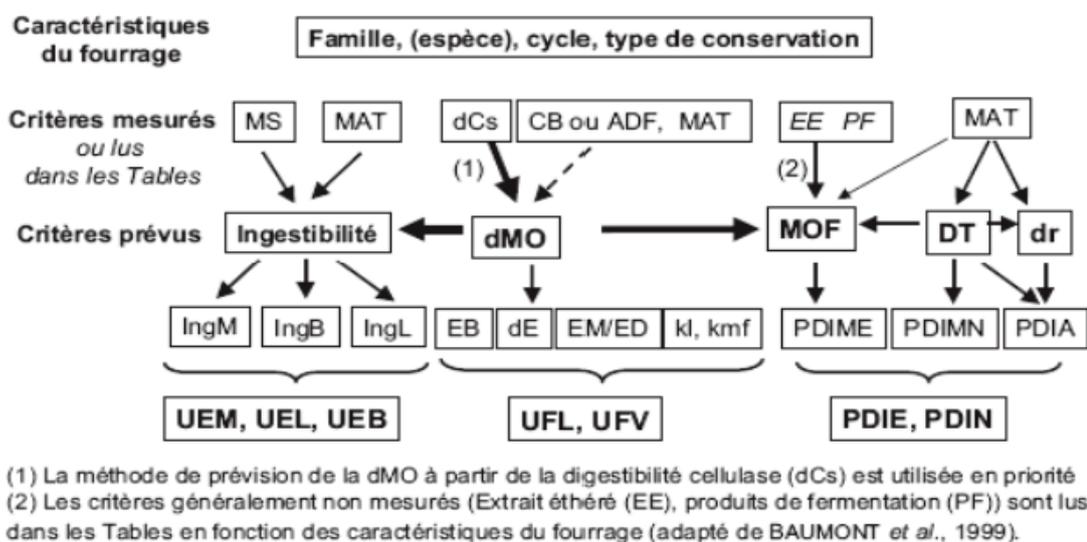
La composition chimique de la plante est fonction de sa richesse en éléments nutritifs, (**Amrani,2006**). D'après **Salhi (2013)**, cette valeur peut être déterminée par plusieurs façons, en fonction du type de fourrage.

- La première fait appel aux méthodes chimiques de références appliquées dans les laboratoires. Elle nécessite la mise en œuvre d'une technique différente pour chaque détermination. Les techniques d'analyse les plus utilisées aujourd'hui sont :

- celles de Weende en termes de dosage des protéines brutes (PB), de la cellulose brute (CB), de l'extrait étheré (EE) et l'extractif non azoté (ENA).
  - celles de Van Soest (Van soest et Wine, 1967) qui séparent les fibres en fraction soluble ou insoluble dans le détergent neutre (NDF ou neutral detergent fiber) ou acide (ADF ou acid detergent fiber).
- Méthode de spectrophotométrie ou SPIR (la spectrophotométrie dans le proche infrarouge) constitue une autre méthode qui permet d'analyser très rapidement un grand nombre d'échantillon de façon fiable et peu coûteuse (Norris *et al.*, 1976). Cette méthode offre en outre un avantage de taille. L'utilisation de la spectrophotométrie implique cependant un travail préalable de calibration. Celui-ci ne peut se faire sans l'aide d'une méthode de laboratoire, de sorte que la précision des valeurs SPIR dépend directement de méthode d'étalonnage utilisée (Schubiger et Lehmann *et al.*, 2002).

### 2.3. Méthodes d'évaluation de la valeur alimentaires des fourrages

Il existe différentes méthodes employées pour déterminer la valeur alimentaire des fourrages (figure. 2).



**Figure 2** : Critères mesurés pour la prévision de la valeur alimentaire.

### 2.3.1 Prévision à partir des caractéristiques morphologiques :

La valeur alimentaire des fourrages dépend de leur morphologie et en particulier du rapport feuilles/tiges. Les feuilles contiennent plus de protéines et moins de fibres que les tiges et sont, de ce fait plus digestibles.

### 2.3.2 Méthodes chimiques

Selon **Schubiger et al., (2002)** ,la détermination de la (dMO) à l'aide des équations de régression, basée sur les teneurs en constituants pariétaux et/ou en constituants cytoplasmiques, constitue une bonne alternative. Ces méthodes renseignent sur la composition chimique des aliments grâce à des analyses qui permettent de déterminer les éléments nutritifs. Qui sont contenus dans la plante: fibres (NDF, ADF), pour les hydrates de carbone, l'azote total pour les protéines, le phosphore, le calcium et le magnésium pour les minéraux ainsi que les vitamines. Donc par cette méthode chimique ont noté des valeurs proches de celles qui sont obtenues avec les animaux (méthode in vivo).

#### ➤ *Méthode In vivo*

Elle est appelée fréquemment « procédé Weende ». Selon **Jean- blain (2002)**, elle constitue la méthode de référence, qui consiste à mesurer la digestibilité des aliments en se basant sur la mesure des quantités ingérées et des fèces excrétées. La mesure de la digestibilité se fait sur 4 à 6 béliers, de préférence castrés, âgés de 2 à 5 ans, en bonne santé et qui représentent une résistance dans la cage de métabolisme. Selon **Hornick et al .,(2003) et Schubiger et al., (2002)**, cette méthode est longue, laborieuse, lourde, nécessite de gros moyens et un aliment de composition constante.

#### ➤ *Méthode In vitro*

D'après **Tilley et Terry (1963)**, l'échantillon est d'abord incubé dans du jus de panse (conditions favorable d'anaérobiose, de température et de pH, aussi voisines que celles du rumen) avant d'être dégradé dans une solution (tampon) de pepsine et d'acide chlorhydrique. On mesure ensuite la quantité de matière organique non dégradée. Selon **Daccort (2005)**, ces méthodes permettent de prévoir la dMO des fourrages de manière plus précise parce qu'elles permettent d'isoler un résidu pariétal indigestible.

➤ *In sacco*

Selon **Demarquilly et Chenost (1969)**, cette méthode consiste à placer un échantillon du fourrage à tester dans des sachets spéciaux (sachets en nylon à mailles fines) qui sont incubées directement dans le rumen d'animaux munis d'une canule ruminale. L'incubation se fait à 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 24, et 48 heures. Après chaque période d'incubation les sachets sont enlevés du rumen lavés avec de l'eau distillée puis séchés à 65°C pendant 48 h. La digestibilité d'un aliment est estimée à partir de la quantité de MS qui reste présente dans le sachet après une période d'incubation dans le rumen. Selon **Giger Reverdin et al., (2000)** tout ce qui passe des mailles du sachet est considérée comme dégradée. Cette technique a été classée par **Selmi et al., (2011)** parmi les méthodes largement utilisées dans les études de digestion pour caractériser l'aptitude d'un écosystème microbien à dégrader un aliment. L'énergie nécessaire au broyage, appelée indice de fibrosité peut donner une meilleure prévision sur la digestibilité de la cellulose brute ou d'NDF. Elle dépend surtout de la lignification du fourrage.

**Chenost(1966) et Chenost et Grenet (1971)**, ont mesuré l'énergie nécessaire au broyage du fourrage et ont montré qu'elle varie en sens inverse de la digestibilité et de l'ingestibilité de ce fourrage.

Selon **Demarquilly et Jarrige (1981)**, l'inconvénient de cette méthode est le non reproductibilité due à la nécessité de plusieurs répétitions à cause des différents modes d'introduction de l'aliment qui engendre beaucoup de variations.

### 2.3.3 Méthodes enzymatiques

La méthode enzymatique associant la pepsine et une cellulase permet de prévoir la digestibilité des fourrages (**Adamson et Terry 1980, Demarquilly et Jarrige 1981, Aufrere 1982, Aufrere et Michalet- Doreau, 1983 et 1988, Aufrere et Demarquilly 1989**). Ces méthodes ont pour principe de simuler le processus digestif chez l'animal en utilisant des enzymes. Elles présentent l'avantage d'être rapide, reproductible et économique, car elles ne font pas appel aux animaux. **Miraglia et Tisserand (1985)** ont conclu, suite à des essais sur des équidés, que c'est une méthode particulièrement intéressante. Selon ces auteurs, la méthode a été proposée en 1975 par **Jones et Hayward**, elle a été l'une des plus utilisées pour prévoir la digestibilité des fourrages et elle comprend

deux étapes : un prétraitement par la pepsine dans de l'acide chlorhydrique dilué (0,1 N) pendant 24 heures suivi d'un traitement par la cellulase pendant 48 heures.

Cependant, en comparant quatre méthodes de prévision de la digestibilité des fourrages, **Schubiger et al. (2002)** trouvent que la méthode enzymatique, utilisant des enzymes à la place du jus de panse, est celle qui a donné les moins bons résultats.

**CHAPITRE 3 :**  
**VALORIISATION DU FIGUIER DE**  
**BARBARIE & DES COQUES**  
**D'AMANDES**

### 3.1. Généralités

Les plantes représentent une source inépuisable de substances naturelles. En effet, les métabolites primaires constituent les éléments nutritifs indispensables aux besoins des animaux.

### 3.2. Le figuier de barbarie



**Figure 3. Figuier de barbarie (Anonyme 2000)**

#### 3.2.1. Origine et distribution

Le figuier de barbarie est un Cactacée originaire des régions arides et semi-arides du Mexique, il a été introduit en Afrique du Nord vers le 16<sup>ème</sup> siècle (El Kossori et al., 1998, Araba et al., 2000 ; El Mannoubi et al., 2008).

On compte, de nos jours, 1500 espèces de cactus appartenant au genre *Opuntia* ; et sont cultivées dans de nombreux pays, notamment: le Mexique, les États-Unis, la Chine, l'Afrique, l'Italie ainsi que dans d'autres aires géographiques (El kossori et al., 1998 ; Feugang et al., 2006).

Le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) est un arbuste qui peut vivre très longtemps et mesure dans son aire d'origine 3,50 m en tous sens, jusqu'à parfois 6 m de haut, formant un tronc gris avec l'âge. Les raquettes présentent une surface lisse, d'un vert glauque à bleuté, ponctuée de coussinets, les *aréoles*, où sont ancrées des épines acérées (nommées à tord aiguillons), entourées de barbes, les glochides. Ceux-ci sont de minces épines de quelques millimètres qui ont pour rôle de retenir l'humidité de l'air mais qui présentent aussi la faculté de se détacher au moindre frôlement et de se planter dans la peau

entraînant une gêne. Ces glochides couvrent aussi souvent la surface des fruits d'*Opuntia*. Par chance, ils sont quasi absents ainsi que les épines chez la plupart des formes cultivées de figue de Barbarie (Ennouri et al., 2014).

### 3.2.2. Classification

De nombreux auteurs ont élaboré des classifications du genre *Opuntia*. Wallace et Gibson (2002) ont rapporté celle qui suit :

**Règne :** Plantae

**Sous-règne :** Spermaphyte

**Division :** Angiosperme

**Classe :** Dicotylédones

**Sous-classe :** Caryophyllale

**Famille:** Cactaceae

**Sous-famille:** Opuntioideae

**Genre:** *Opuntia*

**Espèce:** *Opuntia ficus indica*

L'espèce peut porter un nom différent selon l'idiome local. En Espagne, outre Nopal, on l'appelle familièrement Tuna, dans les pays francophones du bassin méditerranéen, l'*Opuntia* est surnommé figuier de barbarie, en Angleterre, Prickly pear (poire à épines) (Schweizer, 1997), en Egypte : El-Tin-el-choki et en Algérie, plus précisément en Kabylie, elle est surnommée Akermousse ou El Hendi.

### 3.2.3. Espèces et variétés du figuier de Barbarie

Les espèces les plus connues du figuier de barbarie sont l'*Opuntia inermis* ou *Opuntia vulgaris*, très prisée en Espagne, en Afrique du Nord et dans bien d'autres pays, *O. monacantha* et *O. dillenii* privilégiées en Chine et enfin, *Opuntia ficus-indica* espèce comestible et médicinale qui est largement distribuée (Schweizer, 1997).

La distinction entre les différents cultivars est basée sur la forme et la qualité des fruits et sur la période de floraison et de la maturité des fruits (Schweizer, 1997, Araba et al., 2000).

Les variétés inertes sont domestiquées et cultivées sur des surfaces limitées. Les plantes issues de semis sont épineuses la première année et les aiguillons disparaissent à partir de la deuxième année.

Les variétés épineuses sont caractérisées par des épines longues. Il paraît que c'est une variété qui entre en production tardivement après la 6<sup>ème</sup> ou la 7<sup>ème</sup> année de plantation. Il semble qu'il n'y ait pas de variétés absolument inermes, mais à aiguillons plus au moins rares (Schweizer, 1997; Araba et al., 2000 ).

**Tableau 5: Les principales variétés existantes en Algérie**

Variétés	Présence des épines	Période de maturité	Période de floraison	Poids de fruit(g)
Acherfi	Épineuse	Juin-Aout	Avril-Mai	88g
Aissa	Inerme	Juin-Aout	Avril-Mai	95g
Moussa	Inerme	Septembre-Décembre	Juin-Juillet	120g

Source :( Anonyme 2000)

Le cultivar Aissa est inerme et précoce, Moussa et inerme et tardif, alors que Acherfi est très épineux (Boujghagh et Chajia, 2001).

Les cultivars améliorés sont appropriés à la production fourragère (Mondragon et Perez, 2001).

### 3.2.4. Description

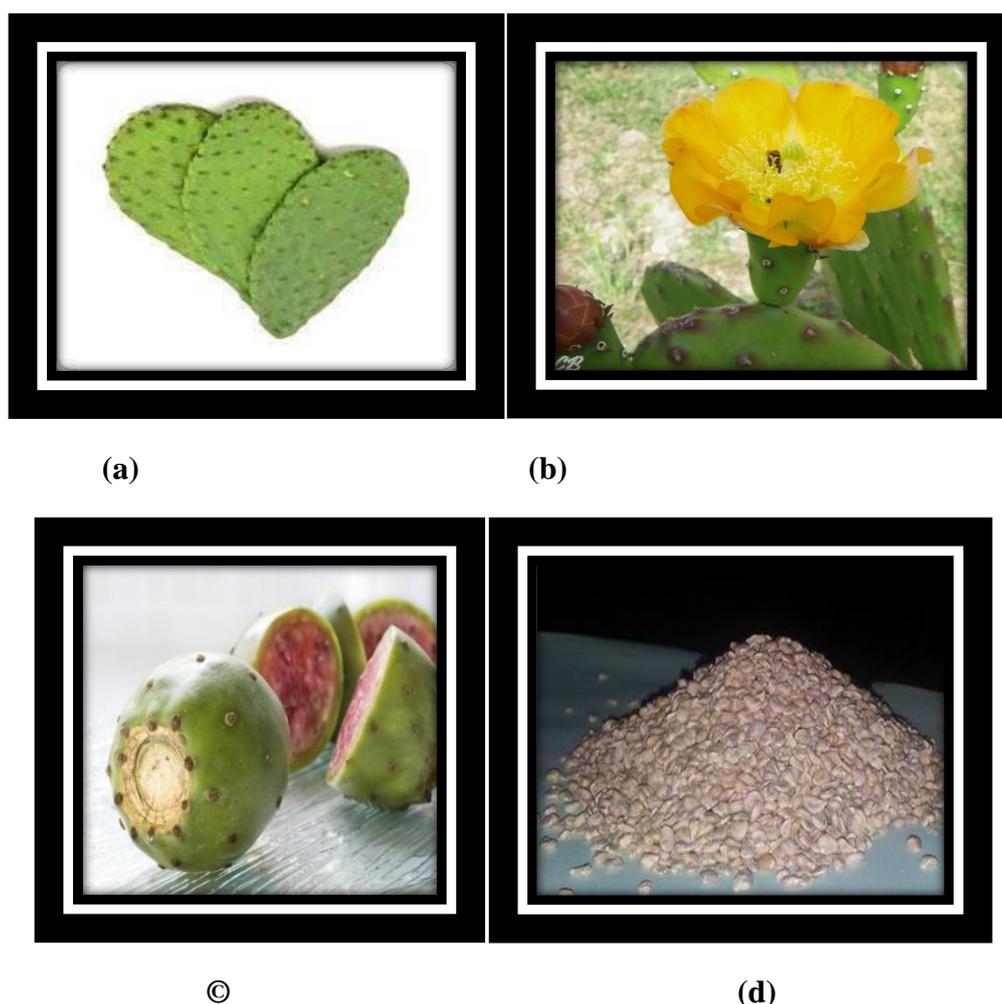
Le figuier de barbarie est une plante arborescente qui peut atteindre de 3 à 5 mètres de haut. Son organisation en cladodes, couramment appelés « raquettes », est particulière.

Les cladodes sont des tiges modifiées de forme aplatie, de 30 à 40 cm de long, qui remplacent les feuilles dans leur fonction photosynthétique et dont la surface est parsemée d'alvéoles (Schweizer, 1997; Stintzing et al., 2005 ; Feugang et al., 2006 ) (figure n°4).

L'appareil racinaire est superficiel, se concentre dans les 30 premiers centimètres du sol, mais en revanche très étendu (Mulas et Mulas, 2004).

Les fleurs sont à ovaire infère, avec de grandes corolles latérales jaunes, orange ou rouges (Schweizer, 1997 ; Reyas-aguero et al., 2006). Un cladode fertile peut porter jusqu'à une trentaine de fleurs. Ce nombre varie selon la position du cladode sur la plante

et les facteurs physiologiques (Reyes-aguero et al., 2006). Ces fleurs donnent naissance aux fruits, une grosse baie (100 à 150g) ovale ou allongée et charnue, avec une pulpe juteuse, en général contenant de nombreuses graines (polysémique). La couleur et la forme du fruit sont variables selon les variétés du jaune, rouge, blanche (Schweizer, 1997 ; Piga, 2004 ; Feugang et al., 2006 ; Reyes-aguero et al., 2006). Les graines sont dures, indigestes, mais riches en vitamines et en acides gras. On en obtient, après préparation, une huile très recherchée et une farine nourrissante (Schweizer, 1997).



**Figure. 4:** Photographie de figuier de barbarie avec ses cladodes(a), fleur(b), fruits(c) et graines(d) (Habibi, 2004, Anonyme, 2007).

### 3.2.5. Composition de la figue de barbarie

La figue de barbarie est un fruit succulent, peu acide et riche en sucres, ce qui le rend délicieux et doux (Kaanane, 2000, Piga, 2004, Feugang et al., 2006). La composition moyenne de la figue de barbarie est résumée dans le tableau :

**Tableau 6:** Composition chimique de la figue de barbarie

Paramètres	Figue *	Graines **
Pulpe (%)	43-57	-
Graines (%)	2-10	-
Epluchure (%)	33-55	-
pH(%)	5,3-7,1	-
Acidité(%)	0,05-0,18	-
Eau(%)	84-90	5,3
Protéines (%)	0,2 – 1,6	16,6
Lipides(%)	0,09-0,7	17,2
Fibres(%)	0,02-3,1	49,6
Matières minérales	-	3,0
Sucres Totaux(%)	10-17	-
Vitamine C(%)	1-41	-
Ca+(%)	12,8-59	16,2
Mg %	-	74,8
K %	-	163
N %	-	67,6
Na %	-	149
P %	-	152

Source \* : Piga, 2004

\*\* : Sawaya et al., 1983

*L'Opuntia ficus-indica* est caractérisé par un pH relativement élevé (5.3-7.1) comparé à celui d'autres fruits, et une acidité relativement faibles (0.05-0.18%) (Kaanane, 2000 ; Piga, 2004 ; Feugang et al., 2006).

Selon Piga, 2004, le fruit est riche en eau. En raison de sa haute teneur en eau, sa valeur calorique totale est faible, elle est de 50 Kcal/100g comparable à celle d'autres fruits tels que les poires, les abricots et les oranges (Feugang et al., 2006).

Sa teneur en protéines est faible comparativement aux graines, elle n'est que de 0,2 à 1,6% vs 16%. Le fruit est riche en sucres entre 10 – 17 % (Piga, 2004). Majoritairement représentés par le glucose et le fructose.

Le glucose est dominant, c'est une source d'énergie immédiatement disponible pour le cerveau, tandis que le fructose permet une amélioration de la saveur du fruit (**Schweizer, 1997; Russel et Felker, 1987, El Kossori et al., 1998, Feugang et al., 2006**). Une teneur plus élevée en vitamine C, comparée à d'autres fruits telle que la poire, les raisins et la banane, a été noté (**Piga, 2004**).

### **3.2.6. Intégration d'*Opuntia ficus indica* dans l'alimentation des animaux**

Une moyenne de digestibilité de cette dernière de 60 à 65% concernant la MS, et 60 à 70%, 30 à 70%, 40 à 50%, respectivement pour digestibilité de la matière organique, celle des matières azotées totales, et celle de la cellulose brute. Des valeurs estimées de 2335,36 kcal/kg de MS d'énergie digestible, et 1.2 d'Uf ont été données par (**Bouneb, 1999**).

### **3.2.7. Intérêts du figuier de barbarie**

- **Intérêt écologique**

La culture de cactus connaît actuellement un regain d'intérêt dans plusieurs pays, en raison de sa contribution dans la mise en valeur des terres marginales infertiles et sèches et des zones arides et semi-arides même aux conditions désertiques. Les opuntias peuvent être considérés comme des cultures qui pourraient tolérer les changements climatiques. Ils sont connus par leur tolérance à la sécheresse. Son adaptation à divers climats et sols, ainsi que ses multiples utilisations et son impact sur les recettes des producteurs et des éleveurs, donnent à cette plante une place particulière, donc il a le pouvoir d'arrêter l'avancement du désert et protéger la faune et dans les vergers établis sur sables grossiers dans les zones steppiques (**Brouli L,1997**).

- **Production de fruits**

Les fruits dont la valeur nutritive est comparable à celle des fruits juteux type poire, pommes, abricots et oranges. Ils sont considérés comme une bonne source de vitamine notamment la vit. C avec un apport énergétique important. La teneur en sucre de la plupart des variétés est relativement élevée (12 à 17 %), notamment en glucose et fructose. (**Araba, et al., 2011**).

- **Production de fourrage**

Le cactus constitue une source fourragère sur pied pour l'alimentation du bétail. Il est utilisé pour cette fin sous forme de fruit non accepté par l'homme, des pelures, des raquettes débarrassées d'épines coupées en petits morceaux, et mélangés avec d'autres aliments du bétail. Les espèces d'opuntia sont surtout dans la période de sécheresse, quand les autres espèces fourragères deviennent rares, le bétail est alimenté avec le fruit ou les raquettes, ils sont coupés pour faciliter la consommation pour les espèces épineuses (les épines doivent être brûlé) (Mulas et Mulas g 2004).

La production de matière sèche varie de 10 à 30 t/ha selon le mode de conduite de la culture et de l'espèce cultivée (inermes ou avec épines) (Araba, et al., 2011).

### 3. 3. Les Amandes et leur sous produits



**Figure5** : Amandes

**Source (Anonyme2007)**

Les apports protéiques dépendent en grande majorité des importations du tourteau de soja. La plupart des rations sont déséquilibrées car riches en fibres, pauvres en minéraux et en vitamines et déficitaires en azote. Ceci est d'autant plus vrai que les animaux sont généralement menés sur des pâturages pauvres. En saison estivale, ces derniers sont constitués par les chaumes. C'est la ration de base de très nombreux petits et grands ruminants en Algérie.

Les sous produits agro industriels sont relativement abondants en Algérie et peuvent contribuer à l'amélioration de l'alimentation du bétail de la région dans laquelle ils sont issus. Ce sont en général les issues de meunerie, les pulpes de tomates, d'agrumes, la mélasse, les grignons d'olives, les marcs de raisin, les drèches de brasserie et les coques

d'amandes. Certains sont des compléments énergétiques comme la mélasse et les pulpes, d'autres sont protéiques comme les coques d'amande et les drèches de brasserie. Ces dernières riches en cellulose brute (20%) (**Mekhafia, 2000**) par rapport aux amandes (4,5%) (**Juillet et al.,1935**), sont moins indiquées que les amandes pour la constitution des formules alimentaires.

Les amandes sont localisées dans la zone steppique de l'est Algérien (El Hodna). Cette région est caractérisée par un élevage ovin mené en extensif et la pratique ancestrale de la culture de l'abricotier. Avec 31 000 ha de plantations d'abricotiers dont la majorité est localisée dans la région du Hodna. La production nationale de fruits est estimée annuellement à 73700 tonnes. Les unités de transformation engendrent des sous produits constitués de coques dont l'amande et estimée à 25000 tonnes annuellement en 2002.

### 3.3.1. Description

L'amandier (*Prunus dulcis*, *Prunus amygdalus* var. *dulcis*, *Amygdalus communis*) appartient à la famille des *Rosaceae* (**Kumar, 2014**).

C'est une espèce ancienne qui a été domestiquée par l'homme initialement dans le Moyen Orient (**Tavassolina, 2010**). C'est une des cultures de noix les plus importantes de la région tempérée d'Inde (**Kumar, 2014**). La Californie un état des états unies d'Amérique fournit à elle seule 80 % de la production mondiale d'amandes (**Mandalari, 2008**).

La récolte des fruits secs à lieu en l'automne (septembre-octobre), celles des amandes fraîches (en vert), mai-juin.

### 3.3.2. Caractéristiques physiques

L'amande a une taille qui varie de 3 à 6 cm selon la variété. C'est une drupe non comestible, oblongue, charnue, veloutée, vert-amande puis brun foncé qui se fendille à maturité pourvu d'un noyau poreux à coque dure ou tendre selon la variété. Cette coque contient une ou deux graines (amandons) comestibles au tégument rugueux d'un ocre-cannelle (**Barreira J et al ., 2010**).

### 3.3.3. Systématique

**Règne :** Plantea

**Sous-règne :** Tracheobionta

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous- classe :** Rosidae

**Ordre :** Rosales

**Famille:** Rosaceae

**Sous famille :** Amygdaloideae

**Genre:** Prunus

**Espèce:** *Prunus dulcis*

La superficie occupée par l'amandier est dans l'ordre de 132000 ha, pour une production de 104.000 T d'amande en coque en 2014 (FAO, 2012).

### 3.3.4. Composition chimique

Très peu de travaux sont recensés dans ce sens. En revanche la coque est très bien consommée par les ruminants et les herbivores monogastriques selon des travaux non récents Velasco *et al.*, (1965), Alibes *et al.*, (1983) et . (Saura Calixto *et al.* , 1983).

La coquille est l'élément le plus pauvre en éléments nutritifs avec une teneur en NDF et ADF de 90% et 62% respectivement (Saura et Calixto ., 1983). Cette dernière a été utilisée comme aliment pour les animaux ovins (Velasco et al ., 1965 ;Alibes et al .,1983),pour caprins (Reed et Brown ,1988) ;ainsi pour bovins (Aguillar et al .,1984).Pour ce genre d'utilisation ,il est nécessaire de conserver ce sous produit moyennant un séchage. Ce traitement peut se faire de façon naturelle sur le terrain ou sous forme artificielle en utilisant la déshydratation (Sanz et al., 1983). La composition chimique de la coquille de l'amande, la teneur en cendres varie de 6 à 9%, ce qui lui confère une richesse en matières organiques. La teneur des MAT est de 5 à 6% et celle de la cellulose brute varie entre 12 à 13% de MS (Saura Calixto et al .,1983).

Les ovins et les caprins consomment volontairement ces coques **Alibes et al., (1983)**. Chez les ovins **Velasco et al., (1965)** ont observé une valeur de digestibilité de la substance organique (OMD) comprise entre 63,7% et 66,7% et une ingestion de 50g MS / kg<sup>0.75</sup>.

# **PARTIE EXPERIMENTALE**

## **CHAPITRE 04 :**

### **MATERIELS & METHODES**

## Objectif

L'étude porte sur la connaissance de la valeur nutritive de deux espèces végétales, un sous produit de l'amandier les coques d'amandes et les fruits du figuier, en vue d'une substitution totale ou partielle des matières premières importées destinées à l'alimentation animale. L'analyse est réalisée au laboratoire de zootechnie et celui de technologie alimentaire de l'Université de Blida -1- concernent:

- Matière sèche.
- Cendres.
- Matière azotée totale.
- Cellulose brute.
- Matière grasse.

Le calcul des valeurs énergétiques (UFL et UFV) l'énergie métabolisable (volailles) et digestible (lapin) et azotées (PDIA, PDIN et PDIE), obtenues par des équations de prédiction.

## 1. Matériels et Méthodes

### 1.1. Matériels

#### 1.1.1. Matériel végétal

Il s'agit de sous produit ou de fruit récoltés dans la région de Médéa:

- Des coques d'amandes de l'amandier doux *Prunus dulcis* qui appartient à la famille des Rosacées. Elles sont considérées comme sous produits perdus non utilisés par les agriculteurs. La coque est d'un vert clair, sèche et se détache sans effort.
- Des fruits des figes de barbarie l'*Opuntia ficus-indica* qui appartient à la famille des Cactacées. Le fruit est de coloration rouge vive, à épines et juteux. Les fruits sont récoltés en septembre 2017.

#### 1.1.2. Matériels de laboratoire

Les analyses chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire des analyses fourragères du département de Biotechnologies de la faculté SNV de l'Université de Blida -1-. Hormis ceux de la matière grasse qui sont effectuées au laboratoire de technologie alimentaire au sein de la même université.

Le matériel utilisé pour les analyses chimiques est composé principalement de :

- Balance de précision
- Dessiccateur
- Etuve
- Four à moufle
- Un Chauffe-ballon et Rotavapor rotatif
- Minéralisateur et distillateur Buchi
- Plaque chauffante-agitateur
- Verreries (capsules, creusets, matras, ballons 500 ml, pipettes graduées, éprouvettes, burettes graduées,...etc.)

## 1.2.Méthodes

### 1.2.1. Récolte

La récolte est faite sur fruits, murs et secs pour l'amandier, murs et humide pour le figuier. Les fruits sont mis dans des sacs hermétiques et transportés dans les délais de 18heures au laboratoire.

### 1.2.2. Analyses chimiques

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées sont celles de l'**AOAC (1990)**. Les échantillons sont finement broyés (1mm) et conservés hermétiquement. Toutes les analyses sont faites en triples (3répétitions). Les résultats sont rapportés à la matière sèche en (%). Ces analyses chimiques ont portés sur la MS, les MM, la CB, les MAT et la MG. La matière organique est déduite par soustrait de la matière minérale.

#### 1.2.2.1.Matière sèche

Dans une capsule séchée et tarée au préalable, introduire 1 à 2g de l'échantillon à analyser. Porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à 105°C (±2°C), laisser refroidir au dessiccateur durant 24heures, ensuite, peser et remettre une heure à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée. Continuer l'opération jusqu'à poids constant.

La teneur en MS est donnée par la relation :

$$\text{MS } (\%) = \frac{Y}{X} * 100$$

Y : poids de l'échantillon après dessiccation.

X : poids de l'échantillon humide.

La matière séchée destinée aux analyses est réalisée à 60°C durant 48h.

#### 1.2.2.2.Matière minérale

La teneur en MM d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la MO après incinération. Porter au four à moufle la capsule contenant 2g de l'échantillon à analyser. Chauffer progressivement afin d'obtenir une combustion sans inflammation de masse.

1h30mn à 200°C.

2h30mn à 500°C.

L'incinération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et l'obtention d'un résidu blanc ou gris clair. Refroidir au dessiccateur la capsule contenant le résidu de l'incinération, puis peser.

La teneur en MM est donnée par la relation suivante :

$$\text{Teneur en MM}\% = \frac{A \times 100}{B \times MS}$$

A : poids des cendres.

B : poids de l'échantillon.

MS : teneur en MS%.

### 1.2.2.3. Matière organique

La teneur en MO est déduite par différence entre MS et la MM.

$$\text{MO \%} = 100 - \text{MM.}$$

### 1.2.2.4. Cellulose brute

La teneur en CB est déterminée par la méthode de WEENDE. Par convention, la teneur en CB est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

Peser 2g d'échantillon, l'introduire dans un ballon à 500ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot. Ajouter 100ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1l d'eau distillée. Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30min exactement. Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon.

Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide. Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifuger avec 100ml solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1l. Faire bouillir durant 30min exactement puis filtrer sur creuset (de porosité 1ou 2).

Passer le creuset avec le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant. Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5h. Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques dont une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB en \% MS} = \frac{(A-B)*100}{C*MS}$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

### 1.2.2.5. Matière azotée totale

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL. Elle comprend deux étapes :

#### - Minéralisation

Opérer sur un échantillon de 0,5 à 2g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). L'introduire dans un matras de 250 ml puis ajouter 2g de catalyseur (composé de 250g de  $K_2SO_4$ , 250g de  $CuSO_4$  et 5g de Se) et 20ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1,84).

Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

#### - Distillation

Transvaser 10 à 50ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi). Rincer la burette graduée.

Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20ml de l'indicateur composé de :

-20g d'acide borique ;

-200ml d'éthanol absolu ;

- Et de, 10ml d'indicateur contenant :  $\frac{1}{4}$  de rouge de méthyle à 0,2% dans l'alcool à 95° et  $\frac{3}{4}$  de vert de bromocresol à 0,1% dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur 50ml de lessive de soude ( $d=1,33$ ), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100ml au moins, titrer en retour par l'acide sulfurique à N/20 ou N/50 jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.

1ml d' $H_2SO_4$  (1N) = 0,014 g d'N.

1ml d' $H_2SO_4$  (N/20) = 0,0007 g d'N.

$$N g = X * 0,0007 * \frac{100}{Y} * \frac{200}{A}$$

X : descente de burette (ml).

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

$$\text{Teneur en MAT (\%MS)} = Ng \times 6,25.$$

### 1.2.2.6. Matière grasse

Les matières grasses des aliments ne peuvent être obtenues en totalité par extraction directe au moyen d'un solvant. En revanche, des substances non lipidiques sont généralement extraites. Cependant, il est admis que le résidu sec à 102°C en 3 heures de temps, après épuisement par solvant approprié correspond aux matières grasses d'un aliment.

#### - Mode opératoire

- Peser 5 g d'échantillon à analyser dans une cartouche de soxhlet
- Peser le ballon de soxhlet sec (250 ou 500ml rodé sur le goulot)
- Placer la cartouche dans un extracteur soxhlet, monter le ballon, remplir de 1 volume et ½ de solvant, sur l'extracteur monté lui-même par une colonne réfrigérante.
- Extraction pendant 6h à 8h.
- A la fin de l'extraction, siphonner le reliquat du solvant restant dans l'extracteur dans le ballon.
- Faire évaporer (sur rotavapor rotatif). Pousser la distillation presque à sec.
- Placer le ballon + le résidu à l'étuve à 102°C pendant 3 h, en position couchée.
- Laisser refroidir au dessiccateur et peser.

$$\text{Teneur en MG (\%MS)} = \frac{A-B}{C*MS} * 100$$

A : poids du ballon + résidu après étuve.

B : poids du ballon vide.

C : poids de la prise d'essai.

## 2. Calcul de la valeur nutritive

### 2.1. Valeur énergétique

#### 2.1.1. Equations de prévision de la valeur énergétique

Les équations utilisées, sont tirées de la publication de l'INRA (2007).

$$EB = 4134 + 1.473 \text{ MAT} + 5,239 \text{ MG} + 0,925 \text{ CB} + 4,44 \text{ MM}$$

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO.

MAT, MG, CB et MM en g/Kg de MO.

$$EM = EB \times dE \times (EM / ED)$$

EM = énergie métabolisable en kcal / kg de MS.

EB = énergie brute en kcal / kg de MS.

dE = digestibilité de l'énergie en %.

$$EM / ED = (84.17 - 0.0099 \text{ CB} - 0.0196 \text{ MAT} + 2.21 \text{ NA}) / 100.$$

EM/ED rend compte des pertes d'énergie sous forme de gaz et dans les urines.

CB et MAT en g/Kg de MO.

NA = niveau alimentaire = 1

#### 2.1.2. Equation de prévision de la digestibilité de la MO (dMO)

$$dMO = 90.1 - 0.095 \text{ CB} + 0.044 \text{ MAT}.$$

dMO en %, MAT et CB en g / Kg de MS.

#### 2.1.3. Equation de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE)

$$dE = dMO - 2,90 + 0,0051 \text{ MAT}$$

dE = digestibilité de l'énergie, elle est fonction de la dMO de l'aliment.

dE et dMO en %. MAT et CB en g / Kg de MS.

### 2.1.4. Calcul des valeurs énergétique

$$\text{UFL / Kg de MS} = \text{ENL} / 1700$$

$$\text{UFV / Kg de MS} = \text{ENEV} / 1820$$

UFL = unité fourragère lait.

UFV = unité fourragère viande.

**ENL = EM x Kl en Kcal / Kg.**

**ENEV = EM x Kmf en Kcal / Kg.**

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

$$\text{Kl} = 0.60 + 0.24 (q - 0.57)$$

Kl= rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

$$\text{Km} = 0.287 q + 0.554$$

Km= rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

$$\text{Kf} = 0.78 q + 0.006$$

Kf= rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

$$\text{Kmf} = (\text{Km} \times \text{Kf} \times 1.5) / (\text{Kf} + 0.5 \text{ Km})$$

$$q = \text{EM} / \text{EB}$$

q= concentration en EM de l'aliment.

## 2.2. Valeur azotée

### 2.2.1. Equation de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT)

$$\text{DT} = 50,8 + 0.12 \text{ MAT} - 0.00018 \text{ MAT}^2$$

DT en %, MAT en g / Kg de MS.

### 2.2.2. Equation de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr)

$$\text{dr} = 100 \times [1.11 \times (1 - \text{DT} / 100) \times \text{MAT} - \text{PANDI}] / [1.11 \times (1 - \text{DT} / 100) \times \text{MAT}]$$

dr en %, MAT en g / Kg de MS.

$$\text{PANDI} = 7.9 + 0.08 \text{ MAT} - 0.00033 \text{ MAT}^2$$

PANDI= protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

### Calcul des valeurs azotées

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN}$$

$$\text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME}$$

$$\text{PDIA} = \text{MAT} \times [1.11 (1 - \text{DT})] \times \text{dr}$$

**PDIN** = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (g/Kg de MS).

**PDIE**= protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (g/Kg de MS).

**PDIA** = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (g/Kg de MS).

**PDIMN** = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (g/Kg de MS).

$$\text{PDIMN} = \text{MAT} \times [1 - 1.11 (1 - \text{DT})] \times 0.9 \times 0.8 \times 0.8.$$

**PDIME** = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'énergie fermentescible (g/Kg de MS).

$$\text{PDIME} = \text{MOF} \times 0.145 \times 0.8 \times 0.8$$

MOF = matière organique fermentescible.

$$\text{MOF} = \text{MOD} - [\text{MAT} \times (1 - \text{DT})].$$

MAT, MO et MOF en g / Kg de MS.

$$\text{MOD} = \text{MO} \times \text{dMO}$$

### 4.2.3 Calcul de l'énergie métabolisable volaille

L'énergie métabolisable peut être définie comme étant l'énergie disponible pour les besoins métaboliques de l'animal ainsi que celle de son entretien et sa production **MAKHLOUFI.(1998).**

L'énergie métabolisable pour volailles a été estimée suivant l'équation de prédiction de **(SIBBALD,1980)** :

$$\text{EM varie (Kcal/kg MS)} = 3951 + 54,4 \text{ MG} - 88,7 \text{ CB} - 40,8 \text{ CE}$$

MG : matières grasses (en %)

CB : cellulose brute (en %)

CE : cendre brute (en%)

### 2.2.3. Equations de prévision de l'énergie digestible lapin

Différentes équations proposées par **Lebas.(2013)**, en fonction des paramètres disponibles, peuvent servir à donner une première estimation de la valeur nutritive d'une matière première encore peu ou pas utilisée pour l'alimentation du lapin.

$$\text{ED-Lap (MJ/kgMS)} = 15,627 + 0,000982 \text{ MAT}^2 + 0,0040 \text{ EE}^2 - 0,0114 \text{ MX}^2 - 0,169 \text{ ADF}$$

MAT : matières azotées totales(en %)

EE : extrait éthéré(en %)

MX : minéraux totaux(en %)

ADF : fibres à détergent acide(en %)

### 2.2.4 Analyses statistiques

Les moyennes et les écart-types sont calculés par Excel. La comparaison statistique des blocs aléatoires complets est effectuée par un test de Student à  $\alpha = 5\%$  par le logiciel statistique SPSS version 21.

**CHAPITRE 05 :**  
**RESULTATS & DISCUSSION**

### 5.1. La composition chimique du fruit figuier de barbarie des coques et écales vertes d'amande douces.

La composition chimique des fruits d'*Opuntia ficus indica* des coques entières et écales vertes du *Prunus dulcus* est indiquée dans le tableau 7.

**Tableau 7** : Composition chimique du fruit du figuier de barbarie des coques et écales vertes d'amande douces.

Espèces	MS %	Constituants chimiques (% de la MS)					ADF	
		MO	MM	CB	MAT	MG		
Fruit du Figuier de Barbarie	13,87 c ±0,23	44,00 c ±0,29	56,00 a ±0,69	17,74 b ±0,34	5,53 a ±0,32	8,70 a ±0,37	60*	
les amandes	Coque entière	87,25 a ±0,22	98,93 a ±0,55	1,07 c ±0,35	53,96 a ±0,27	2,16 b ±0,09	6,38 b ±0,22	12.94**
	Ecale verte	76,71 b ±0,35	94,00 b ±0,75	6,00 b ±0,21	18,72 c ±0,07	4,18 a ±0,13	6,45 b ±0,15	11.18***

Les valeurs d'ADF sont tirées des données bibliographiques :

\*: NEFZAOUI, 1991

\*\* : CHEHMA et al., 2001

\*\*\* : BOUDECHICHE et al., 2008

#### 5.1.1. Teneurs en matières sèches (MS)

L'analyse de la teneur en MS de l'*Opuntia ficus indica* récoltée en saison automnale montre une teneur de 13,87% en matière sèche. Cette teneur est plus élevée par rapport à celle présentée par **Zirmi-Zembri et Kadi, 2016**, soit 8,14%. Les différences sont souvent dues à l'âge de la plante. La MS est corrélée positivement à l'âge de la plante. Cette teneur est faible comparativement aux fourrages verts ou aux foin.

Selon les travaux de **Bencherchali et Houmani, 2017**, la teneur en MS d'un fourrage naturel varie entre 24,7 et 35,5. Alors que celle d'un foin de luzerne est de 85% (**Chibani, 2013**). Selon **Yousfi (2000)**, il prévoit d'utiliser 10% de foin en accompagnement au fruit d'*Opuntia*, qui semblerait favorable à la production laitière.

**Felkener (2001)** a démontré que la vache qui consomme 40kg de cactus frais/jour, consommerait également 35 litres d'eau/jour simultanément. Par ailleurs, des expériences ont montré que des ovins gardés en enclos peuvent survivre plus de 500 jours sans approvisionnement en eau, s'ils ont quotidiennement accès à des quantités suffisantes de cactus (**Araba et al., 2000**).

La coquille entière et l'écale verte d'amande accusent une matière sèche respective de 87,25% et 76,71%. Ces valeurs sont significativement supérieures à celle de l'*Opuntia ficus indica*. Nos résultats se rapprochent à ceux de **Juillet et al., (1935)** qui annoncent un taux de matière sèche de 89,7% qui rejoint celui énoncé par **Trari (1989)** soit 89,3%. Comparativement à des coques appartenant à différentes espèces, celle du Cacao, du soja et tournesol accusent respectivement des teneurs en MS de l'ordre de 88%, 90% et 90%.

### 5.1.2. Teneurs en matières minérales (MM)

Les plantes étudiées présentent des valeurs de matière minérale (MM) très variables. Le taux le plus élevé est observé chez le l'*Opuntia*, avec une valeur de 56%. Cette teneur est comparable à celle mentionnée dans la littérature (**Shedbalkar et al., 2010**). Des valeurs qui varient de 33,70% à 58,07% ont été également rapportées par **Nefzaoui et Salem (1996)** et **Nefzaoui et Ben Salem (2002)**. Ces mêmes auteurs expliquent cette richesse en éléments minéraux des Fruits de cactus à leur teneur élevée en calcium (Ca). Ces teneurs sont aussi importantes que celle rapportée par **Zirmi-Zembri et Kadi (2016)**, soit 43,07%. D'autre part (**Kaanane, 2000**) des analyses ont montré que les fruits se composent de 40% des sels minéraux.

L'*Opuntia* classée comme étant une plante grasse, a une capacité de mettre l'eau en réserve. Ce processus permet à la plante d'extraire, par osmose, autant d'eau que possible du sol, ainsi que des minéraux. **Zirmi-Zembri et Kadi (2016)**, infirment l'effet saison et affirment l'effet région de récolte sur la teneur en matière minérale d'une plante.

L'écale verte et la coquille entière d'amande possèdent une teneur en MM qui varie entre 6 et 1,07 % MS. La teneur en matière minérale de la coquille entière corrobore celle obtenue par **Alibes et al.,1984** soit 0.9%MS.

**Saura et al ., 1983 et Feedstuffs , 1989**, qui ont travaillé sur les coques d'abricots annoncent des valeurs supérieures aux nôtres, soient respectivement 6,1 et 6,6% MS. Les coques de cacao , de soja et de tournesol renferment des teneurs respectives de 8,4%, 4,6% et 3,4%. Il existe une différence remarquable entre les teneurs minérales de ces différentes espèces.

Selon **Spear (1994)**, la concentration des éléments minéraux dans les plantes varie fortement avec le type de sol, le climat, le stade de maturité et la saison de récolte. En accord avec (**Mahmoudi,2000**), qui ajoute que les teneurs en cendres varient en fonction des espèces.

### 5.1.3. Teneur en matière organique (MO)

La teneur en matière organique d'*Opuntia ficus indica* est de l'ordre de 44,93 %. Cette valeur est faible par rapport à celle trouvée par **Zirmi et Kadi (2016)** soit 56,93% de MS. Cette teneur en matière organique du fruit est assez proche à celle trouvée par (**Sawaya, 1983**) soit 49 %de MS.

Les valeurs des écales vertes et de la coquille entière d'amande sont respectivement de 94% et 98,93%. Nos résultats sont proches à ceux obtenus par (**Gabrial et al .,1981**) soient 96,5% et 96,7%.

### 5.1.4. Teneurs en matières azotées totales (MAT)

Le fruit de l'opuntia marque une teneur en MAT de 6,15% de MS. Cette valeur est proche à celle trouvée par **Zirmi et Kadi (2016)** de 5,53%. Cependant la valeur trouvée dans notre essai est faible comparativement à celle énoncée par (**Kaanane, 2000**), qui est de 14,78%. De même la teneur trouvée est faible comparativement à celles de plusieurs auteurs **Gebremariam et al., 2006; Einkamerer, 2008; Abidi et al., 2009a ; Andrade-Montemayor et al., 2011**, atteignant le 16%. Cependant beaucoup d'autres travaux (**Ben Salem et al., 2002; Tegegne et al., 2007; Abidi et al., 2009a; Cordova-Torres et al., 2009**) ont rapporté des valeurs de MAT de 13,57%, 15,24%, 11,08 % et 11,29% respectivement.

Selon **Cappellozza (2013)**, les fourrages dont les teneurs en matières azotées totales sont inférieures à 20% ne peuvent pas fournir les minima d'azote nécessaires au microbiote ruminal pour assurer une activité métabolique maximale. D'autre part, **Paterson et al., (1996)** indiquent que ces types de fourrages exigent une supplémentation azotée pour améliorer leur ingestion par les ruminants. Selon **Mciteka (2008)** la principale critique contre l'utilisation de *L'Opuntia ficus indica* dans l'alimentation animale est sa teneur en MAT pour l'entretien des ruminants, suggérant que les régimes alimentaires contenant d'*Opuntia* doivent être complétés par une source azotée.

Ces variations de la teneur en MAT du cactus seraient dues à la diversité de plusieurs facteurs comme : le type de sol, la fertilisation, les pratiques culturales et le climat (**Andrade Ferreira et al., 2012**). Par ailleurs, **Abidi et al., (2009)** ont également observé une variation dans la teneur en MAT du cactus en fonction de la saison, en effet l'*Opuntia ficus indica* contenait plus de MAT en hiver qu'en été (58,5% vs 29,7% MS).

Les valeurs en MAT des sous produits d'écale verte et coquille entière d'amandes présentent des taux respectifs de 4,81% et 2,16%. La coque de cacao, du soja et de tournesol dose respectivement 16,1, 12,2 et 5,4 % de MAT. La coque de tournesol se rapproche à celle de l'amandier (**Anonyme, 2010**).

Les teneurs en MAT des coques d'abricot varient en fonction des auteurs et des variétés: 2,45 à 2,62% pour les variétés russes (**Normakhmatou et Khudaishukurov 1973**), 2,0 à 4,5% pour celles cultivées en Inde (**Kapoor et al .,1987**) et 2,41 à 2,53% pour les variétés égyptiennes (**Gabrial et al .,1981; Abd El-Aal et al., 1986**). **Boufnik (1991)**, trouve une valeur de 2,01% sur des variétés amères. **Herras (1992)** avance des valeurs comprises entre 2,14 et 2,5% de la matière sèche en fonction du traitement donné aux plantes,

Ces teneurs en matières azotées totales sont très faibles par rapport aux besoins des monogastriques. En effet l'aliment lapin mixte dose en moyenne 17% de MAT (**Gidenne, 2010**). L'aliment composé volailles (espèce *Gallus*) doit contenir ente 17 et 21 % de MAT (**INRA. 1991**).

Ces sous-produits ne peuvent être envisagés qu'en complément aux tourteaux, qui en finalité ramènent la plus forte proportion en protéines brutes.

### 5.1.5. Teneur en cellulose brute (CB)

En termes de cellulose brute, *Opuntia ficus indica* renferme une teneur de 17,74%. Cette valeur est élevée comparativement à celle énoncée par **Zirmi et Kadi (2016)** qui est de 15,92 %. Cette valeur est plus faible à celle rapportée par **Clone Rahmana (2000)** qui est de 20%. Comparativement à un foin d'opuntia est moins riche en Cellulose brute. En effet **Chibani et al., (2010)**, ayant travaillé sur la luzerne déshydratée annoncent une teneur supérieure à la nôtre, soit 25,5 %. Cette matière est souvent incorporée en forte proportion dans l'aliment lapin. Malgré cela, l'aliment granulé accuse un déficit chronique en cellulose brute, ce qui occasionne des troubles digestifs chez cet animal.

En raison de sa proportion moyenne en CB l'*Opuntia ficus indica* peut être incorporée en partie dans l'alimentation du lapin. Pour une meilleure cœcotrophie, le lapin tolère un taux considérable en fibres dans son alimentation (*besoin du lapin est entre 14% et 15%*). Cette fraction est assurée en grande partie par la luzerne déshydratée, les issus de céréales, les pulpes de betteraves et aussi par certains tourteaux comme le tourteau de tournesol non décortiqué notamment en Europe (**Lebas et Djago, 2001**).

La teneur en CB des sous produits étudiés écale verte et coquille entière des amandes marquent des teneurs 18,72% et 53.96%.

La richesse des coques entières en cellulose brute permet d'envisager leur intégration à forte proportion chez les ruminants, modérément chez le lapin et faiblement chez la volaille.

La coque de cacao, du soja et de tournesol marquent des teneurs respectives en cellulose brutes de 8,4, 4,6 et 3,4% (**Anonyme, 2010**). Rappelons que ces coques sont moins lignifiées que celles des amandes.

Selon (**Gabrial et al. ,1981**), les coques d'abricot présentent une teneur inférieure en cellulose brute soit 8% comparativement aux coques d'amandes étudiées.

De nombreux auteurs notamment **Gailar, (1974); Andrieu et Weisse, (1981), Demarquilly et Andrieu, (1987) et Soltner, (2000)**, rapportent que la cellulose brute évolue avec l'âge de la plante et elle croit d'une façon linéaire importante et régulière depuis la première phase jusqu'à la fin du cycle de développement.

L'importance de la cellulose brute comme composant alimentaire est indiscutable. Elle est utilisée par les microorganismes du rumen comme source principale d'AGV.

#### 5.1.6. Teneur en matière grasse (MG)

La teneur en matières grasses de l'Opuntia est de 8,7%. Cette teneur est assez élevée comparativement aux limites tolérées chez les monogastriques volailles n'excédant pas le 4% (INRA, 1984). **Kadi (2012)** indique que le lapin n'apprécie pas un taux élevé en MG, sa ration alimentaire ne doit pas dépasser 3%. **Wilson and Brigstocke (1981)** ont indiqué que le taux de MG dans la ration alimentaire des ruminants ne doit pas dépasser 8% de MS. Cependant les directives de l'INRA 1988 ; 1989 indiquent une limite en matières grasses aussi bien chez les ruminants que les monogastriques de 4%.

La teneur en MG des coques entières et des écales vertes des amandes est respectivement de 6,38 et 6,45%. Les coques de cacao, de soja et de tournesol présentent des teneurs en MG de 5,1, 2,0 et 4,0% (**INRA,2010**).

Le taux de MG fluctue avec les variétés et les lieux de cultures. En effet en Égypte **Gabrial et al., 1981; Abd El-Aal et al., 1986** annoncent des valeurs respectives des coques d'amandes de 2,51 et 2,53% de MS. En Inde intervalle de variation de 2,7 à 6,7% de MS est annoncé par **Kapoor et al 1987**. Alors qu'en URSS des valeurs de 5,23 à 5,74% de matière sèche sont obtenues par (**Normakhmatou et Khudaishukurov, 1973**).

#### 5.2. Valeur nutritive du fruit du figuier de barbarie et des coques et écales vertes d'amande douces.

Les valeurs nutritives prédites pour les ruminants et les monogastriques sont indiqués dans le tableau 8.

**Tableau 8 :** Valeur nutritive du fruit du figuier de barbarie et des coques et écales vertes d'amande douces

Espèces		Énergie (kcal d'ED/kg) ED lap	Valeurs énergétiques (g/kg de MS)		Valeurs azotées (g/kg de MS)		EM volaille (kcal/kg de MS)
			UFL	UFV	PDIN	PDIE	
Amande	Coque entière	2211,67	0,59	0,57	130,42	63,03	4011,06
	Ecale verte	3125,68	0,63	0,51	62,86	33,37	2396,22
Fruit du Figuier de Barbarie		1734,72	0,73	0,69	47,34	69,75	1055,54

### 5.2.1. Valeurs énergétiques

Les valeurs énergétiques fourragères de *l'Opuntia ficus india* sont considérées comme des teneurs moyennes, elles sont de l'ordre de 0,73 UFL et 0,69 UFV. Ces valeurs sont conformes à celles d'un fourrage de Graminées spontanées en début épiaison, annoncées par **Bencherchali et Houmani, 2017**, soient 0,72 UFL et 0,66 UFV.

Ces valeurs se rapprochent aussi à celles annoncées par **Zirmi-Zembri et Kadi, 2016**), qui sont de l'ordre de 0,75 UFL et 0,72 UFV.

Les valeurs énergétiques fourragères trouvées dans le cas des coques entières sont de 0,59 UFL et 0,57 UFV et le cas des écales vertes de l'amandier sont de 0,63 UFL et 0,51 UFV.

Les sous produits agricoles ou de l'agroindustriels présentent des valeurs énergétiques très variables. **Chehema et al .,(2001)**, annoncent pour les rebuts de datte entière, 0,84 UFL

et 0,81UFV. Alors que **Ahmed Serrir (2017)**, annonce pour le même sous produits 1,06 UFL et 1,03 UFV et pour les rebus dénoyautés 1,18 UFL et 1,15 UFV. Ce même auteur cité, trouve pour les grignons d'olives une valeur énergétique 0,49 UFL et 0,24 UFV. **Bipea, 1976**, ayant travaillé sur les coques d'abricot, présente une teneur de 1,40 UFL et 1,30 UFV.

Des arbres fourragers steppiques accusent des valeurs énergétiques plus élevées que celles du fruit de l'opuntia et les sous produits de l'amandier. En effet le *Pistacia atlantica* et l'*Acacia farnasiana* notent des valeurs énergétiques moyennes et respectives de 0,90 vs 0,83 UFL et 0,82 et 0,74 UFV (**Boubekeur et al.,2017**).

Ces valeurs sont plus faibles à celles mentionnées par **Jarrige (1988) et Mauriès (1994)** pour les fourrages cultivés. En effet pour le cas de la luzerne déshydratée, ils trouvent des teneurs respectives de (0,88 UFL et 0,82 UFV) (0,95 UFL et 0,87 UFV).

D'après les résultats obtenus nous constatons qu'ils peuvent être considérés comme aliment équilibré entre ses apports énergétiques (UFL et UFV).

### 5.2.2. Valeurs azotées

L'*Opuntia ficus indica* représente une valeur de PDIN de 47,34g/kg de MS, et 69,75 g/kg de MS.

Ces résultats en partie proches à l'intervalle de variation annoncé par **Zirmi-Zembri et Kadi 2016** sur plusieurs travaux sur *Opuntia ficus indica* qui sont de [39 -64] PDIN et (35 à 65) PDIE.

La coque entière *Prunus dulcus* ramène 130,42g/kg MS de PDIN et 63,03 g/kg MS de PDIE, alors que l'écale verte beaucoup moins riche offre 62,8642g/kg MS de PDIN et 33,3742g/kg MS de PDIE. **Abd El-Aal et al.,1986**, annoncent des valeurs de 147,76g/kg de MS et 92,40g/kg de MS respectivement en PDIN et les PDIE des coques d'abricot. Rappelons que les PDIE sont limitant aux PDIN. Les sous-produits étudiés se caractérisent par des valeurs azotées assez élevées comparativement à ceux trouvés par (**Ahmed Serir, 2017**). Ce dernier auteur ayant travaillé sur grignons d'olive marque des valeurs de 28 g/kg MS de PDIN et 46 g/kg MS de PDIE. Ce même auteur annonce pour les rebus de dattes entières et les rebus de datte dénoyautés les valeurs respectives de 11 vs 8 g/kg MS de PDIN et 79 vs 82 g/kg MS de PDIE.

**Boubekeur et al., 2017**, trouvent un faciès assez équilibré en PDIN et en PDIE soit respectivement 81 et 90 g/ kg de MS chez un arbre steppique fourrager soit le *Pistacia atlantica*.

### 5.2.3. Teneur en énergie digestible lapin

Différentes équations proposées par **Lebas .(2013)**, en fonction des composants analysés, peuvent estimer la valeur nutritive d'une matière première encore peu ou pas utilisée en l'alimentation du lapin.

En termes d'énergie digestible lapin, *Opuntia ficus indica* renferme une teneur de 1735 kcal d'ED/kg. Cette valeur est comprise dans l'intervalle de variation rapporté par **Gidenne et al., (2012)**, pour la luzerne qui présente une teneur qui varie entre 1700 à 2100 kcal d'ED lap/kg de MS. Toutefois cette valeur est inférieure à celle de certaines matières premières utilisées en alimentation du lapin, notamment celle des Graminées (**Lebas et al.,1996**).

Les teneurs des sous produits d'amandes coques entières et écales vertes présentent des valeurs en énergie digestibles importantes soient respectivement 3126 et 2212 kcal. **Lebas et al., (1996)** rapportent des teneurs de 3200 kcal d'ED. Lap/kg MS pour le maïs, 3100 kcal d'ED. Lap/kg MS pour le blé et 3000 kcal d'ED. Lap/kg MS pour l'orge.

Énergie digestible pour l'aliment composé granulé lapin en engraissement est recommandée entre 2000 et 2200 kcal, celle des lapines reproductrices est comprise entre 2200 et 2400 kcal (**Gidenne et al., 2012**).

### 5.2.4. Teneur en énergie métabolisable volailles

Chez la volaille l'énergie métabolisable est celle couramment utilisée, vue leur particularités digestives comparativement à d'autres catégories animales. Différentes formules permettent de calculer l'énergie métabolisables des matières premières utilisée en aviculture (INRA, 1984). Cependant seule la formule de **Sibbald, 1980** citée in INRA, 1984, est accessibles par rapport aux composants chimiques analysés dans cette étude. Les autres formules restent inaccessibles car elle nécessite l'analyse des sucres ou de l'amidon. La formule de **Sibbald, 1980** citée in **INRA, 1984**, est reconnue surestimant de l'énergie, mais reste un outil valable et correcte d'estimation de l'EM.

Le fruit de l'Opuntia s'avère le moins énergétique. En effet il ne dose que 1055 kcal/kg de MS. Comparativement au rebus de dattes entières ou dénoyautées l'EM de l'Opuntia est faible, ils dosent respectivement 3199 kcal/kg MS et 3760 kcal/kg MS (**Ahmed Serrir, 2017**). Cette dernière a estimé l'EM par la formule de Sibbald. **Benyahia (1989)** a annoncé pour les dattes dénoyautées une énergie métabolisable de l'ordre de 3142 kcal EM/kg MS. Cette énergie est réelle du fait qu'elle l'a mesurée par bombe calorimétrique.

L'énergie métabolisables permise par les sous produit de l'amandier sont de 4011 et 2396 respectivement au niveau de la coque entière et de l'écale verte comparativement aux grignons d'olive épuisés présentent une teneur en EM faible soit 1325 kcal/kg de MS (**Ahmed Serir, 2017**).

# CONCLUSION

Le présent travail constitue une contribution à la connaissance des caractéristiques nutritives de la figue de barbarie et des coques entières et écale verte de l'amande en vue d'utilisation en alimentation animale.

Au terme de cette étude, il en ressort que :

- La coque entière des amandes est riche en MS, en matière organique et en cellulose brute, cependant elle accuse la plus faible teneur en MAT et en MM.
- L'écale verte d'amande accessible et se détache sans effort, elle est moins riche en MS, en MO et en CB que la coque entière. Cependant sa teneur en MM et en MAT sont plus élevées.
- Le fruit du figuier de barbarie, le plus riche en MM et en MAT, cependant il présente des valeurs les moins intéressantes en MS et en MO

L'étude de la valeur nutritive prouve que :

- La figue de barbarie apporte une valeur nutritive assez intéressante en termes d'énergie et de protéines digestibles, comparativement aux sous produits de l'amandier. Cependant son offre est la plus faible en énergie digestible lapin et en énergie métabolisable volaille.
- Comparativement et relativement, l'écale verte conviendrait mieux pour la production laitière, alors que la coque entière offre plus UFv. En termes de protéines digestibles la coque entière est plus intéressante. La coque entière offre un EM volaille plus très intéressante, alors que l'écale verte conviendrait mieux pour fournir de l'énergie digestible à l'aliment lapin.

Ces sous produits étudiés ne peuvent prétendre de résoudre le problème d'alimentation animale, mais contribuent partiellement à le résoudre à une échelle régionale, notamment que leur présence coïncide avec les périodes critiques automnales.

Le dilemme de rationnement et de la formulation reste une problématique où l'intervention humaine doit impérativement intervenir, afin de raisonner les complémentarités entre ingrédients. Car la matière première ou le sous produit qui répond à toutes les exigences animales n'existe pas.

Les faibles valeurs azotées des sous-produits étudiés imposent une complémentation :

- d'un tourteau,
- un traitement azoté chez les ruminants,
- ou d'explorer une source protéiques provenant des vers de farine (ténébrion meunier ; *Tenebrio molitor*) ou de gastropodes chez les monogastriques
- ou même à adjuver des enzymes capables de tirer profit le mieux de l'aliment telles que les cellulases microbiennes (cas des coques entières) chez les monogastriques.

Cette étude peut permettre de proposer d'autres axes d'investigations, telles que des analyses plus poussées au niveau du laboratoire. A titre d'exemple ADF et l'amidon qui sont des mesures indispensables dans les travaux sur la digestion du lapin. Les mesures sur les facteurs antinutritionnels, là où la recherche a réalisé de grands progrès en termes de quantification et en termes de traitement. Il serait intéressant d'entreprendre des travaux sur animaux de différentes espèces et à des stades physiologiques différents.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ❖ **Abbas K., Abdelguerfi A. 2005.** « Perspectives D'avenir De La Jachère Pâturée Dans Les Zones Céréalières Semi-Arides. », Fourrages 184 : 533-546.
- ❖ **Abd El-Aal M. H, Hamza M. A. and Rahma E H., 1986.** In vitro digestibility, physico-chemical and functional properties of apricot kernel proteins. Rev. Food chemistry 19 (3) 197-211
- ❖ **Abdelguerfi A., Laouar M., 1997.** La privation du foncier : Impact sur l'environnement et sur les ressources génétiques en Algérie. *Options méditerranéennes, Série A, Séminaire Méditerranéens, n°32, 203-207.*
- ❖ **Abdelguerfi A, 1987.** Quelques réflexion sur la situation des fourrages en Algérie, *Revue céréaliculture, n°16, 1-5.*
- ❖ **Abdelguerfi A., Laouar M., M'hammedi Bouzida M., 2008.** Les productions fourragères et pastorales en Algérie : Situation et possibilités d'amélioration. *Revue semestrielle "Agriculture et développement" (INVA, Alger), Janvier 2008 n°06, 14-25p.*
- ❖ **Abidi, S., Ben Salem, H., Martín-García, A.I., Molina-Alcaide, E., 2009.** Ruminant Ruminant fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica* f. inermis) cactus cladodes and diets including cactus. Anim. Feed Sci. Technol. 149,333-334.
- ❖ **Adamson a. h., Terry, g.r., (1980).** The relation ship between the in vivo digestibility of hay and its solubility in pepsin-hydrochloric acid and fungal cellulose. J. Sci. Food Agric., 31, 854-856.
- ❖ **Aguillar A ,A., Smith N.E. ,and Baldwin R.R., 1984.** Nutrition value of almond hulls for dairy cows .J. Dairy Sci .,67:97-103.
- ❖ **Ahmed-Serir A., 2017.** Caractéristiques nutritives des rebuts de datte et des grignons d'olive en vue d'une alimentation animale. Mémoire de master en productions animales, Université Djilali Bounaama. Khemis meliana. 57p.
- ❖ **Alibes X., Maestre M.R., Munoz F ., Combelas J and Rodriguez J., 1983.** Nutritive value of almond hulls for sheep, Anim,feed sci .And Technol.,8:63-67.
- ❖ **Alloui N., 2011.** « SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES DE MODERNISATION DE LA FILIERE AVICOLE EN ALGERIE », 9<sup>èmes</sup> Journées De La Recherche Avicole, Tours, 29 Et 30 Mars 2011.

- ❖ **Amellal R., 1995.** La filière lait en Algérie : Entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. In: Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et Recherches, n°14, 229-238.
- ❖ **Amrani O., 2006.** Valeur nutritive du chardon marie (*Silybium marianum* (1) Gaerthn) "Tawra". Thèse de magister en agronomie. Université El Hadj Lakhder Batna. 70P.
- ❖ **Andrade-Montemayor, H.M., Cordova-Torres, A.V., García-Gasca, T., Kawas, J.R., 2011.** Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). Small Rumin. Res. 98, 83–92.
- ❖ **Andrieu J., Baumont R., 2000.** Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrager : facteurs de variation et prévision. Revue fourrage n°163. ed AFPP ; p.316-327.
- ❖ **Andrieu, J., Wisse, R.H., 1981.** Prévision de la digestibilité et de a valeurs énergétique des fourrages verts graminées et légumineuses. In C DERMAQUILLY (ed). Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévision de la valeur alimentaire des fourrages, P61-79.
- ❖ **Anonyme 2007.** <http://www.cactustunisie.com>. Consulté le 19/05/2012.
- ❖ **Anonyme 2010.** Formulation lapin, collectifs d'auteurs, Logiciel Wuffda 2010.
- ❖ **Anonyme1.2011 :** <http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/poultry/facts/introduction.htm>.
- ❖ **AOAC., 1990.** Official methods of analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, AOAC, Arlington, VA.
- ❖ **Araba A., El Aich A., Sarti B., Belbahri L., Boubekraoui, A., Ait Hammou, A.,Zemmouri, A., and Sbaa, A. 2000.** Valorisation du figuier de barbarie en élevage. *Transfert de technologie en agriculture*, 1-4.
- ❖ **Aufrère J, 1982.** Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. *Ann. Zoot.*, 31 (2). P111-130.
- ❖ **Aufrere J., MichaleT-Doreau B., (1983).** *In vivo* digestibility and prediction of digestibility of some by-products. In : Feeding values of by-products and their use by beef cattle, EEC Seminar, 26-29 September 1983, (Belgique).
- ❖ **Aufrere, J., Michalet-DoreaU, B., 1988.** Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. *Anim. Feed. Sci.*, 20, p 203-218.

- ❖ **Aufrere, J., Demarquilly, C., 1989.** Predicting organic matter digestibility of forage by two pepsin-cellulase methods. In : XVI International Grassland Congress, Nice, France, p 887-889.
- ❖ **Barreira JC, Pereira JA, Oliveira MB, Ferreira JC.** Sugars profiles of different chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and almond (*Prunus dulcis*) cultivars by HPLC-RI. *Plant Foods Hum Nutr.* 2010 Mar;65(1):38-43.
- ❖ **Baumont J., Aufrere F., Meshy F., 2009.** La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages* 198, 153-173.
- ❖ **Baumont, R., Champicaux, P., Agabriel, J., Andrieu, J., Michalet-Doreau, B., et Dermaquilly, C., 1999.** Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : *Prév . Alim. Rev. Prod.Anim*, 12(3), 183-194..
- ❖ **Bedrani S., 1995..** L'intervention de l'Etat dans l'agriculture en Algérie : Constat et Propositions pour un débat. In: *Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000.* Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et
- ❖ **Bedrani, S. 2002.** L'agriculture, l'agroalimentaire, la pêche et le développement rural en Algérie. *Options méditerranéennes, Série B/61*, 37-73.
- ❖ **Bekhouche-Guendouz N. (2011) :** Evaluation De La Durabilité Des Exploitations Bovines Laitières Des Bassins De La Mitidja Et d'Annaba, Thèse De Doctorat Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger (ENSA), 254p.
- ❖ **Belhadia M. , Saadoud M., Yakhlef H., Bourbouze A.,2009.** La production laitière bovine en Algérie : Capacité de production et typologie des exploitations des plaines des moyen Chlef. *Revue Nature et Technologie .n° 1* : 54-62.
- ❖ **Ben Salem, H., Nefzaoui, A. and Ben Salem, L. 2002.** Supplementation of Acacia Cyanophylla Lindl. Foliagebased diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus indica* F. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.) on growth and digestibility in Lambs. *Anim Feed Sci Technol.* 96 : 15-30.
- ❖ **Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Ben Salem, L., 2002a.** Supplementing spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* F. *inermis*) based diets with urea-treated straw or oldman saltbush (*Atriplex nummularia*). Effects on intake, digestion and sheep growth. *J. Agric. Sci.* 138, 85–92.
- ❖ **Benaissa R., 2010.** Problématique de la filière lait en Algérie. 8èmes Journées Scientifiques Vétérinaires : la filière lait en Algérie : un défi à relever, Algérie 18-19 avril 2010.

- ❖ **Bencherchali M., Houmani M., 2017.** Valorisation d'un fourrage de graminées spontanées dans l'alimentation des ruminants. *Revue Agrobiologia* (2017) 7(1): 346-354
- ❖ **Bessaoud O., 1994.** L'agriculture en Algérie: De l'autogestion à l'ajustement (1963-1992). In: Crises et transitions des politiques agricoles en Méditerranée. *Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et Recherches, n°8, 89-103.*
- ❖ **Boubekeur S., Mefti Korteby H., Houmani M., 2017.** Prédiction de la valeur alimentaire du *Pistacia atlantica* Desf. et de l'*Acacia farnesiana* (L.) Willd. *Rev. AgroBiologia Vol 07- n°2. 603-609.*
- ❖ **Boufnik S., 1991.** Valorisation des coques d'amande d'abricot chez la volaille: connaissance analytique et nutritionnelle de l'amande traitée et non traitée. Thèse d'ingénieur d'état Institut national enseignement supérieur Batna. Algérie.
- ❖ **Boujghagh M., Chajia L.,2001.** Le cactus, outil de gestion de la sécheresse dans le sud marocain terre de vie. N :52,44,Rabat(Maroc),7p. [http://www.Terre et vie .ov.h.org/cactus](http://www.Terre-et-vie.ov.h.org/cactus) PDF.
- ❖ **Bouneb O . 1999.** Contribution à l'étude de la valeur nutritive d'*Opuntia ficus indica*. Thèse d'ingénieur d'état. p78
- ❖ **Bourbouze A., Chouchen A., Eddebbagh A., Pluvinage J. et Yakhlef H., 1989.** Analyse comparée de l'effet des politiques laitières sur les structures de production et de collecte dans les pays du Maghreb. In: Le lait dans la région méditerranéenne. *Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires méditerranéens, n°6, 247-258.*
- ❖ **Bouziati A., 2009.** La lettre ALGEX. Lettre bimensuelle n°18.pp :1-2. <http://www.algex.dz/content.php?artID=1384&op=51>
- ❖ **Bouzida S., Ghozlane F., Allane M., Yakhlef Y. et Abdelguerfi A., 2010.** Impact du chargement et de la diversification fourragère sur la production des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Fourrages*, 204, 269-275.
- ❖ **Brouri L, 1997.** L'opuntia ficus indica dans les zones steppiques algérienne. Séminaire sur le développement de la steppe, 1997 .
- ❖ **Butera, D., Tesoriere, L., Di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, A. M.,Kohen, R., and Livrea, M. A. (2002).** (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betaninand indica xanthin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, 6895-6901.
- ❖ **Cappelozza, B., 2013.** Protein Nutrition for Cattle, in: Beef Cattle Library. Beef Cattle. Library, Oregon State University, pp. 1–4.

- ❖ **Chebouti A., Abdelguerfi A., Mefti M., 1995.** Etude comparative de la production de gousses de populations de *Medicago orbicularis* (L.) Bart ; relation avec les conditions du milieu d'origine. In : Systèmes sylvo pastoraux. Pour un environnement, une agriculture et une économie durables. Cahiers Options Méditerranéennes, v.12, 21-24.
- ❖ **Chehma A., Longo H F. 2001 :** « Valorisation Des Sous-Produits Du Palmier Dattier En Vue De Leur Utilisation En Alimentation Du Bétail », Rev. Energ. Ren. : Production Et Valorisation – Biomasse, (2001) 59-64.
- ❖ **Chehma A., Djebbar M.R., Hadjaiji F., Rouabeh L., 2005.** Étude floristique spatio temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien. Rev. Sécheresse; 16 (4) 275-85.
- ❖ **Chellig R. 1992 :** « Les Races Ovines Algériennes. », Office Des Publications Universitaires. Alger.1992.
- ❖ **Chenost M., (1966).** L'indice de fibrosité des foin : mesures et relation avec la valeur alimentaire. Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences, 1966, 15 (3), pp.253-257
- ❖ **Chenost M., Grenet E., (1971).** L'indice de fibrosité des fourrages, sa signification et son utilisation pour la prévision de la valeur alimentaire des fourrages. Ann. Zootech, 247-435.
- ❖ **Chibani C., Chabaca R., Boulberhanr D., (2010).** Fourrages Algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotées, [http/ Livestock Research for Rural Development](http://Livestock Research for Rural Development) 22 (8) 2010 14p.
- ❖ **Cordova-Torres A., Gutierrez-Berroeta L., Kawas J., García-Gasca T., Aguilera-Barreiro A., Malda G., Andrade-Montemayor H., 2009.** El Nopal (*Opuntia ficus indica*) puede ser una alternativa de suplementación para caprinos en regiones semiáridas: Efecto del tamaño o madurez de la penca en la digestibilidad in vivo y composición. VI Congreso Latinoamericano de la Asociación de especialistas en pequeños ruminantes y camelidos sudamericanos. XXIV Reunión de la AMPCA, Querétaro, México, pp. 143–151.
- ❖ **Daccord R., 2005.** Digestion chez les ruminants et digestibilité des fourrages. *ant. Agrosop ALP, 1725 posieux.*
- ❖ **Demarquilly C., Jarrige R., 1981.** Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages. In : C. Demarquilly (ed), Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, 41-59. Ed. INRA, Paris

- ❖ **Demarquilly C., 1982.** Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe. In action du climat sur l'animal au pâturage. Ed INRA, p 50-63.
- ❖ **Demarquilly C., Weiss P., 1970.** Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. INRA, S.E.I., Etude 42, 62 p
- ❖ **Demarquilly C., 1988.** Les fourrages In : Alimentation des bovins, ovins et caprins, ouvrage collectif INRA. 174. Rue de l'université, 75005, Paris. P 471.
- ❖ **Demarquilly C., Chenost, 1969.** Etude de la digestion des fourrages dans le rumen par la méthode de sachets de nylon. Liaison avec la valeur alimentaire. Ann. Zootech., 18, 419-436.
- ❖ **Djebbara M., 2008.** Durabilité et politique de l'élevage en Algérie. Le cas du bovin laitier. Colloque international « développement durable des productions animales : enjeux, évaluations et perspective, Alger, 20-21 Avril. 2008.
- ❖ **El Kossori R. L., Villaume C., El Boustani E., Sauvaire Y., and Méjean L. 1998.** Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (*Opuntia ficus indica* sp.). *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)*, 52, 263-270.
- ❖ **El Mannoubi I., Barrek S., Skanji T., and Zarrouk H. 2008.** Étude de la composition de la fraction volatile des graines du figuier de barbarie (*Opuntia Ficus Indica*). *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 10, 61-67.
- ❖ **Ennouri M1, Ammar I, Khemakhem B, Attia H.** Activity of *Opuntia ficus indica* (cactus pear). 2014Mar20.Einkamerer, O.B., 2008. Animal Performance and Utilization of Opuntia-based Diets by Sheep. University of the Free State.
- ❖ **Ennouri M., Fetoui H., Bourret E., Zeghal N., and Attia H. 2006.** Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*. 1. Influence of a seed oil
- ❖ **Fadili M. 2000.** Étude des caractéristiques physico-chimiques des figues de barbarie. *Anim. Feed Sci. Technol.* 149,333-334.
- ❖ **Feugang J. M., Konarski P., Zou D., Stintzing F. C., and Zou C., 2006.** Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia spp.*) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 11, 2574-2589. Fourier et l'université Cadi Ayad. <http://agriculture.ovh.org>.
- ❖ **Frutos, P., Hervás, G., Giráldez García, F., and Mantecón, A. 2004.** Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish journal of agricultural research*, 2, 191-202.
- ❖ **Gailar B., 1974 .** Valeurs alimentaire des fourrages d'hiver. Ed. I.R.A, Alger.

- ❖ **Gautier A., Renault P., Pellerin F., (1991).** Fiche technique d'analyse bromatologique. Société d'édition d'enseignement supérieur 5<sup>ème</sup> édition. Paris.
- ❖ **Gebremariam T., Melaku S., Yami A., 2006.** Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 43–52.
- ❖ **Geredeel, 2001 :** Les ressources fourragères en Algérie : déficit structurel et disparité régionale. Analyse du bilan fourrager pour l'année 2001.
- ❖ **Gidenne T., 2012.** Alimentation du lapin en élevage biologique développer une production cunicole. *Programme CASDAR RFI, Lapin Bio. p. 04.*
- ❖ **Giger-Reverdin, S., Sauvant, D., Chapoutot P. (2000).** Comparaison de deux méthodes d'étude de la dégradation à court et moyen termes des aliments pour ruminants (*in sacco* et production de gaz *in vitro*). *Renc. Rech. Ruminants*, 7.
- ❖ **Gredaal, 2003.** Groupe de recherche d'étude de l'agriculture en Algérie.
- ❖ **Guerin H., 1999.** Valeur alimentaire des fourrages cultivés. In Roberge G ; and Toutain B ; eds. Cultures fourragères tropicales. *Collection Repères*, CIRAD, Montpellier, France. 93-141.
- ❖ **Guerin H., Richard D., Lefevre P., Friot D., Mbaye N., 1989.** Préviation de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. Actes du XVIème Congrès International des Herbages, Nice, France, 2. 879-80.
- ❖ **Habibi, Y. 2004.** Contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux: caractérisation et modification chimique, Thèse Docteur de l'université Josef.
- ❖ **Herras O., 1992.** Désamérisation auto enzymatique des coques d'amandes amères d'abricot: l'effet de leur incorporation dans l'alimentation des poules pondeuses sur quelques paramètres zootechniques Thèse ingénieur d'état en agronomie Institut national de l'enseignement supérieur. Batna Algérie.
- ❖ **Hornick J. L., Akoutey A., Istasse L., 2003.** Nutrition spéciale des ruminants. Cours de nutrition animale, université de Liège.
- ❖ **INRA, 1981.** Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants, CRZU. Theix INRA, P 580.
- ❖ **ITELV (institut technique des élevages).** 2012 : « Infos ELEVAGES », Bulletin Trimestriel N°2 Mars 2012.
- ❖ **Jarrige R., 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA. Paris, 174-430.

- ❖ **Jean-Blain C., 2002.** Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Ed. Tec et Doc, Paris. 424p.
- ❖ **Jones D. I., Hayward M. V., 1973.** A cellulase digestion technique for predicting the dry matter digestibility of grasses. *J. Sci. Food Agric.* 24, 1419-2.
- ❖ **Juillet A, Suspuglas J et Courp J., 1935 .**Les oléagineux et leurs tourteaux. Botanique, caractères, préparation, emplois. Paris, éditions Paul Le chevalier, 640p.
- ❖ **Kaci A. 2015.** « La Filière Avicole Algérienne A L'ère De La Libéralisation Economique. » *Cah Agric* 24 : 151-60. Doi : 10.1684/Agr.2015.0751
- ❖ **Kadi S.A., 2012.** Alimentation du lapin chair : valorisation de sources de fibre disponibles en Algérie. Thèse De Doctorat Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 143 P.
- ❖ **Kali S., Benidir M., Ait Kaci K., Belkhiri B. et Benyoucef MT., 2011.** Situation de la filière lait en Algérie: Approche analytique d'amont en aval. *Livestock Research for Rural Development*, 23 (8), 2011.
- ❖ **Kerboua M., Feliachi K., Abdelfettah M., Ouakli K., Selhab F., Boudjadjji 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.
- ❖ **Kumar D, Ahmed N., 2014.** Response of nitrogen and potassium fertigation to « Waris » Almond (*Prunus dulcis*) under Northwestern Himalyan Region of India. *Scientific World Journal*. 2014 Jan 22;2014:141328.
- ❖ **Laouar M., Abdelguerfi A., 1997.** Privatisation et partage du foncier : une des causes de la dégradation des milieux naturels en Algérie. In: *Pastoralisme et foncier impact du régime foncier sur la gestion de l'espace pastoral et la conduite des troupeaux en régions arides et semi-arides. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens, n°32, 209-212.*
- ❖ **Larousse Agricole, 2002.** Sous la direction de Marcel Mazoyer, Ed larousse,
- ❖ **Le Houérou H. N. 1995.** Considérations biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique. *Sècheresse* n°2, vol 6, 67-82.
- ❖ **Le Houérou H. N., 1975.** Etude phytosociologique du Hodna. *FAO*. 9(1). 154p.
- ❖ **Lebas F. (2013) :** « Estimation De La Digestibilité Des Protéines Et De La Teneur En Energie Digestible Des Matières Premières Pour Le Lapin, Avec Un Système D'équations », 15èmes Journées De La Recherche Cunicole, 19-20 Novembre 2013, Le Mans, France, 27-30.

- ❖ **MADR (Ministere De L'agriculture Et Du Developpement Durable). (2016) :** Statistiques Agricoles, Séries B, 2010-2015.
- ❖ **Mciteka H., 2008.** Fermentation Characteristics and Nutritional Value of *Opuntia Ficus indica* Var. Fuscicaulis Cladode Silage. University of the Free State
- ❖ **Makhloufi N. 1998 :** Interaction De La Féverole Crue Dans l'alimentation Des Poulets De Chair, Influence Sur Les Performances De Croissance, l'utilisation De l'aliment Et Les Paramètres De Carcasse, Thèse D'ingénieur, INES Blida. P 6-9.
- ❖ **Mandalari G, Nueno-Palop C, Bisignano G, Wickham MS, Narbad A., 2008.** Potential prebiotic properties of almond (*Dulcis communis* L.). Appl Environ Microbiol. 2008 Jul;74(14):4264-70.
- ❖ **Mefti-Korteby H. 2012.:** « Caractérisation Zootechniques Et Génétiques Du Lapin Local (*Oryctolagus Cuniculus*). », Thèse De Doctorat, En Sciences Agronomiques, Université De Blida, 209 P.
- ❖ **Mekhalfia A 2000** Valorisation des drêches et levures de brasserie dans l'alimentation animale. Thèse d'ingénieur d'état en agronomie centre universitaire d'El Tarf Algérie 73p.
- ❖ **Michalet-Doreau B., Noziere P., 1999.** Intérêts et limites de l'utilisation de la technique des sachets pour l'étude de la digestion ruminale. Rev. INRA Production animal. vol. 12: 195-206.
- ❖ **Miraglia N. et Tisserand J.L., 1985.** Prevision de la digestibilité des fourrages destinés aux chevaux par dégradation enzymatique. Ann. Zootech. 1985, 34 (2), 229-236.
- ❖ **Mondragon JC et Pérez GS , 2001.** Germplasm resources and breeding *Opuntia ficus indica* for fodder production in :**Mondragon JC , Pérez GS ,Arias E,Reynolds SG et Sanchez MD (eds) ;cactus (*Opuntia spp*) as forage ,FAO. plant production and protection paper 169,Rome (Italy),21-28.**
- ❖ **Moula N., Antoine-Moussiaux N., Farnir F., Detilleux J., Leroy P. 2009 :** « Réhabilitation Socioéconomique D'une Poule Locale En Voie D'extinction : La Poule Kabyle (Thayazit Lekvayel) », Ann. Méd. Vét., 2009, 153, 178-186.
- ❖ **Moulla F., Yakhlef H., 2007.** La Productivité De La Lapine Locale Algérienne. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie. La Recherche Agronomique, n°21. 72-77.
- ❖ **Mulas M et Mulas G,2004 :** « Potentialité d'utilisation stratégique des plants des genres d'Atriplex et Opuntia dans la lutte contre la désertification ,Short and medium

- term priority environmental action programme (SMAP), Université des études de Sassari ,groupe de recherche sur la desertification (Italie),112p.
- ❖ **Nedjraoui D.** (2001) : « Profil Fourrager ALGERIE », FAO, 2003.
  - ❖ **Nefzaoui a.** (1991) : « Valorisation Des Sous-Produits De L'olivier », In Tisseran D J.-L. (Ed.), Alibés X. (Ed.). Fourrages Et Sous-Produits Méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, 1991. P. 101 -108 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéen S ; N. 1 6).
  - ❖ **Normakhmatov R and Khudaishukurov T 1973** Apricot Stone Kernels as a Valuable Commercial by-product Konservn Ovoshchesush. Prom. 10 32–33 .
  - ❖ **Phocas F, Agabriel J, Dupont-Nivet M, Guerden I, Médale F, Mignon-Grasteau S, Gilbert H et Dourmad J.Y., 2014.** Le phénotype de l'efficacité alimentaire et de ses composantes, une nécessité pour accroître l'efficacité des productions animales. Recherches, n°14, 83-99.
  - ❖ **Paterson R.T., Karanja G.M., Nyaata O.Z., Kariuki I.W., Roothaert R.L., 1998.** A review of tree fodder production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. Agrofor. Syst. 41, 181–199.
  - ❖ **Reed .B.A., Brown D.L., 1988.** Almond hulls in diets for lactating goats; Effects on yield and composition of milk ,food intake and digestibility ,J. Dairy Sci., 71:530-533.
  - ❖ **Reyes-Agüero, J. A., Aguirre-Rivera, J. R., and Hernández, H. M., 2005.** Systematy notes and a Detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill.(Cactaceae) *Agrociencia*, 395-408.
  - ❖ **Rodriguez-Amaya, D. B., 2001.** "A guide to carotenoid analysis in foods," International Life Sciences Institute Press.
  - ❖ **Russell, C., Felker, P.** 1987. The prickly-pears (*Opuntia spp.*, Cactaceae): A Source of Human and Animal Food in Semiarid Regions. *Economic Botany*, 41, 433-445.
  - ❖ **Salhi H. 2013.** Valeur nutritive des espèces spontanées de la plaine du moyen Cheliff. Mémoire de magister en agronomie. Université Hassiba Ben Bouali Chlef. 117P.
  - ❖ **Sanz.A, Ayesa M.,1984.** Ensiladode peladuras de almendras en la alimentaeion de ovejas.Hojas divulgativas ,Ministerio de Agricultura ,14/84 HD :16 pp.

- ❖ **Saura , Calixto F., Canellas J., Garcia .Raso J.,1983.** Contents of Detergent – Extracted Dietary Fibers and composition of hulls, shells and teguments of almonds .,J. Agric . Food Chem.,31; 1255-1259.
- ❖ **Sawaya W.N., Khalil K., AL-Mohamed M.M.1983** .Nutritive value of *Opuntia ficus indica* :quality plant arum plant food plant for 1983.Ref 33,1,91,97et 24.
- ❖ **Schubiger F.X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., 2002.** Détermination de la digestibilité de plantes fourragères, *Revue suisse Agric.* 34 (1) : 13-16.
- ❖ **Schweizer M. 1997.** "Docteur Nopal, le médecin du Bon Dieu," Aloe Plantes et Beauté.
- ❖ **Seghdi H., 2017.**Etude de la phytomasse des formations végétales de l'Alfa (*Stipa tenacissima*) et de l'Armoise blanche (*Artemisiahaerba alba*) dans la région de Birine- Djelfa. *Master en Ecologie et Protection de l'environnement. Université Yahia Faress Médea.*60 p
- ❖ **Selmi H., Ben Gara A., Rekik B., Rouissi H., 2011.** Effect of the concentrate feed on *in vitro*. Gas production and methane in Sicilo-Sarde Sheep. *American Eurasian J. Agric&Environ .Sci.*, 10(3):346-350., ISSN 1818-6769.
- ❖ **Senoussi A, 2008.** Caractérisation de l'élevage bovin laitier dans le Sahara : Situation et perspectives de développement. Colloque international « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives ».
- ❖ **Soltner D., 1986.** Alimentation des animaux domestiques. 17<sup>ème</sup> Ed. Collection Sciences et technique agricoles. P 399.
- ❖ **Spear, J., 1994.** Mineral in forages. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilisation, in:National Conference on Forage Quality, Lincoln,. Faher J.R. (Eds.), pp. 281–317.
- ❖ **Tavassolian I., Rabiei G., Gregory D., Mnejja M., Wirthensohn M.G., Hunt P.W., Gibson J.P., Ford C.M., Sedgley M., Wu S.B..** Construction of an almond linkage map in an Australian population Nonpareil x Lauranne. *BMC Genomics.* 2010 Oct 9;11:551.
- ❖ **Tegegne, F., Kijora, C., Peters, K.J., 2007.** Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. *Rev. Small Rumin. Res.* 72, 157–164.
- ❖ **Wallace, R. S., Gibson, A. C. (2002).** Evolution and systematics. *Cacti biology and uses*, PS Nobel (ed.). University of California Press, Berkeley, CA, 1-21.

- ❖ **Wilson, P.N., Brigstocke, T.D., 1981.** Improved feeding of cattle and sheep : practical guide to modern concepts of ruminant nutrition. Granada, St.Albans.
- ❖ **Yakhlef H., Madani T., Abbache N. (2002)** : « Biodiversité Importante Pour L'agriculture : Cas Des Races Bovines, Ovines, Caprines Et Camelines. », MATE-GEF/PNUD : Projet ALG/G13, 43p.
- ❖ **Yousfi S., 2000.** Les cactacés ,*Opuntia ficus indica* rapport bibliographique sur les Opuntias et bilan sur quelques études en Algérie ,INRA,Algérie,17p.

# Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>Chapitre 01 : Situation des fourrages en Algérie</b>	<b>02</b>
1. 1 Potentiel fourrager en l'Algérie	02
1.1.1. Les fourrages cultivés	03
1.1.2. Les fourrages naturels..	03
1.1.3. Les jachères	03
1.1.4. Les pacages et parcours forestiers	03
1.1.5. Les terres pastorales (la steppe).	04
1.2 Les élevages pratiqués en Algérie	06
1.2.1. Ruminants	06
1.2.1.1. L'élevage bovin	06
1.2.1.2. L'élevage ovin et caprin	08
1.2.1.3. L'élevage camelin	10
1.2.2 Principaux monogastriques	10

1.2.2.1. L'élevage volaille	10
1.2.2.2. L'élevage cunicole	11
<b>Chapitre 02 : Valeur alimentaire et méthodes de mesure</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Notion de la valeur alimentaire</b>	<b>13</b>
2.2. Méthodes d'évaluation de la composition chimique des fourrages	14
2.3 Méthodes d'évaluation de la valeur alimentaires des fourrages.	15
2.3.1 Prévision à partir des caractéristiques morphologiques	16
2.3.2 Méthodes chimiques	16
2.3.3 Méthodes enzymatiques	17
<b>Chapitre 03 : Valorisation du figuier de barbarie et des coques d'amande en alimentation animale</b>	<b>18</b>
3.1. Généralités	19
3.2. Le figuier de barbarie	19
3.2.1. Origine et distribution	19
3.2.2. Classification	20
3.2.3. Espèces et variétés de figuier de Barbarie	21
3.2.4. Description	22
3.2.5. Composition de la figue de barbarie	23
3.2.6. Intégration d' <i>Opuntia ficus indica</i> dans l'alimentation des animaux	24
3.2.7. Intérêt	24
3. 3. Les Amandes et leur sous produits	25
3.3.1. Description	26
3.3.2. Caractéristiques physiques	26

3.3.3. Systématique	27
3.3.4. Composition chimique	28

## **Deuxième partie : Partie expérimentale**

<b>Chapitre 04 : Matériels et méthodes</b>	<b>29</b>
4. 1Matériels	29
4.1.1. Matériel végétal	29
4.1.2. Matériels du laboratoire.	29
4.2. Méthodes	30
4.2.1. Récolte	30
4.2.2. Analyse chimique	30
4.2.2.1. Détermination de la matière sèche (MS).	30
4.2.2.2..Détermination des matières minérales (MM).	31
4.2.2.3. Détermination de la matière organique (MO).	31
4.2.2.4. Détermination de la matière azotée totale (MAT)	32
4.2.2.5. Détermination de la cellulose brute (CB)	32
4.2.2.6. Détermination des matières grasses	33
2. Calcul de la valeur nutritive	34
2.1. Valeur énergétique	35
2.1.1 Estimation de la valeur énergétique	35
2.1.2 Equation de prévision de la digestibilité de la MO (dMO)	35
2.1.3 Equation de prévision de la digestibilité réelle (dr)	36
4. Analyses statistiques	37

<b>Chapitre 05 : Résultats et discussions</b>	<b>38</b>
5. Composition chimique du figuier de barbarie des coques et écales vertes d'amande douces.	<b>38</b>
5.1.1. Teneur en matière sèche.	<b>38</b>
5.1.2. Teneur en matière minérale	<b>39</b>
5.1.3. Teneur en matière organique.	<b>40</b>
5.1.4. Teneur matière azotées totales.	<b>40</b>
5.1.5. Teneur en cellulose brute	<b>42</b>
5.1.6. Teneur en matière grasse.	<b>43</b>
5.2. Valeur nutritive	<b>44</b>
5.2.1. Valeurs énergétiques	<b>44</b>
5.2.2. Valeurs azotées	<b>45</b>
5.2.3. Teneur en énergie digestible lapin	<b>46</b>
5.2.4. Teneur en énergie métabolisable	<b>47</b>
<b>Conclusion</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographiques</b>	

Table des matières