

**République Algérienne Démocratique & Populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieur & de la Recherche Scientifique**  
**Université Saad DAHLEB -1-**  
**Faculté des Sciences de la Nature & de la Vie**  
**Département De Biotechnologie**



**Projet de fin d'étude en vue de l'obtention**  
**Du diplôme de MASTER**  
**En Biotechnologie**

**Option : Biotechnologie de l'Alimentation & Amélioration des**  
**Performances Animales**

**Caractérisation chimique de l'Armoise**  
**Blanche (*Artemisia herba alba*) en vue**  
**d'alimentation animale**

**Présenter par : BOUHELOUS Fatma Zohra**

**Soutenu le : 18-09-2017**

**Devant le jury composé de :**

<b>Mm. BOUBEKEUR S.</b>	<b>M.A.A.</b>	<b>U.S.D.B -1-</b>	<b>Présidente du jury</b>
<b>Mm. MEFTI KORTEBY H.</b>	<b>M.C.A.</b>	<b>U.S.D.B -1-</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mm. BABA ALI A.</b>	<b>M.A.A.</b>	<b>U.S.D.B -1-</b>	<b>Examinatrice</b>

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2016 / 2017**



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour me permettre de suivre mes études dans les meilleures conditions possibles sans avoir cessé de m'encourager tout au long de mes années d'études.*

*Que dieu vous accorde une longue vie.*

*Mon cher fiancé MOUHAMED, qui m'a soutenu moralement et m'a encouragé durant mon cycle universitaire.*

*Mon frère ABDELLAH, mes sœurs SOUAD et IMENE*

*Mon neveu ABDESSAMED, mes nièces MARAM et ASSIL*

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

*Mes chères amies AMIRA, AMINA, et FATIHA pour leur amitié et leur soutien profond, mes reconnaissances et sincères remerciements.*

*Mes amis et proches qui ont contribué dans la réalisation de ce mémoire de près ou de loin par leur soutien moral et leurs encouragements.*

*BOUHELOUS Fatma Zohra*

## **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 travail de recherche.

Je tiens à exprimer ma très grande considération et ma vive reconnaissance à madame MEFTI-KORTEBY, ma promotrice, pour sa patience, ses précieux conseils, le suivi et l'orientation dont j'ai pu bénéficier, quelle trouve ici mes sentiments de gratitude.

Mes vifs remerciements vont également à Madame BOUBEKEUR, pour l'honneur de présider le jury de soutenance de ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier vivement madame BABA ALI, pour l'honneur d'examiner ce travail.

Mes remerciements s'adressent à monsieur SAADI M.A. Directeur de l'ORAC de Ain Boucif pour sa collaboration et son aide précieuse sur le terrain. Également je remercie monsieur BENCHERCHALI, et madame GHANNAI pour leur disponibilité et leurs aides précieuses.

# Sommaire

**Introduction**.....01

## **Partie bibliographique**

**Chapitre I** : Présentation de l'Armoise blanche (*Artemisia herba alba*).....04

**Chapitre II** : Valeur alimentaire des fourrages, facteurs de variation et méthodes de mesure.....12

**Chapitre III** :Alimentation du lapin .....21

## **Partie expérimentale**

**Chapitre IV** :Matériels et méthodes.....29

**chapitre V**: résultats et discussions.....39

**Conclusion** .....49

## Résumé

### Caractérisation chimique de l'Armoise Blanche (*Artemisia herba alba*) en vue d'alimentation animale

L'objectif du travail consiste à étudier les caractéristiques nutritives de l'Armoise blanche (*Artemisia herba alba*), en vue de leur intégration en l'alimentation animale ruminants et lapins.

L'analyse fourragère de l'Armoise blanche a été déterminée au laboratoire de zootechnie du département des biotechnologies à l'université de Blida, dans le but de prévoir les valeurs énergétiques.

L'Armoise blanche renferme 59,2% de matière sèche, celle de la matière organique est de 91,31 % de la MS. Sa teneur en matière minérale est de 8,69 % de MS ; celle de la cellulose brute est de 41,27 % de MS. Sa teneur en matières azotées totales est de 7,82 % et de 4,54 % de MS, pour la matière grasse.

L'Armoise blanche présentent une valeur nutritive de 0,59 UFL, 0,46 UFV, 55 g de PDIN/ kg MS, 36,41 g de PDIE/kg MS. Elle présente une énergie digestible lapin de 1631 kcal d'ED lap/kg MS.

Le rendement en huile essentielle de l'Armoise blanche est de 0,43%.

**Mots clés :** Alimentation animale, Armoise blanche, Composition chimique, Valeur nutritive, Huile essentielle.

## ملخص

### التوصيف الكيميائي للشيح الأبيض لتغذية الحيوانات

الهدف من عملنا هو دراسة الخصائص الغذائية للشيح الأبيض ، بهدف إدماجها في الأعلاف الحيوانية أيضا للحيوانات المجترة والأرانب.

تم تحديد التركيب الكيميائي للشيح الأبيض في مختبر تربية الحيوانات في قسم التكنولوجيا الحيوية في جامعة البليدة من أجل تحديد قيم الطاقة والنيتروجين النبات المدروسة.

تمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع القيمة الغذائية للبرسيم والنباتات الأخرى بالسهبوب. ثم تحديد العائد من الزيوت الأساسية. فيما يخص التركيب الكيميائي للعلف هو:

الشيح الابيض لديه 59.2% من المادة الجافة، فهي مرتفعة إلى حد كبير، مثل المواد العضوية، 91.31%؛ لديها محتوى معدني منخفض، 8.69% ؛ والمحتوى السليلوز الخام مرتفع نسبيا، 41.27% ؛ ومع ذلك فإنه يحتوي على نسبة منخفضة من المواد البروتينية، 7.82% ؛ و 4.54% من المواد الدهنية.

الشيح الأبيض يتسم بقيمة غذائية ضعيفة:

0,59 UFL, 0,46 UFV, 55 g de PDIN/ kg MS, 36,41 g de PDIE/kg MS  
.1631 kcal d'ED lap/kg MS

العائد من الزيت الأساسي للشيح الأبيض هو 0.43.

**الكلمات المفتاحية:** تغذية الحيوان، الشيح الأبيض، التركيب الكيميائي، القيمة الغذائية، الزيوت الأساسية.

## Abstract

### Chemical characterization of White Wormwood (*Artemisia herba alba*) for animal feed

The objective of this work is to study the nutritive characteristics of the white wormwood (*Artemisia herba alba*), with a view to their integration in animal feed also for ruminants and rabbits.

The forage analysis of the white wormwood was determined at the zootechnology laboratory of the Department of Biotechnology at the University of Blida in order to determine the energy and nitrogen values of the plant studied.

The results obtained were compared with the nutritive value of alfalfa and other steppe plants. Then determining the yield of essential oil.

White Wormwood has 59.2% dry matter, and 91.31% of the MS of organic matter, it has a high mineral content, it is 8.69% DM; the crude cellulose content is relatively high, 41.27% DM; However it has a low total nitrogen content of 7.82% DM; And 4.54% of MS for fat.

White Artemisia has a poor nutritional value: 0.59 UFL, 0.46 UFV, 55 g PDIN / kg DM, 36.41 g PDIE / kg DM; It possesses a digestible rabbit energy of 1631 kcal of ED lap / kg MS.

The yield of essential oil of the White Artemisia is 0.43%.

**Key words:** Animal feeding, White wormwood, Chemical composition, Nutritional value, Essential oil.





## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Composition chimique de l' <i>Artemisia herba alba</i> .....	7
<b>Tableau 2 :</b> Valeur nutritive de l' <i>Artemisia herba alba</i> .....	8
<b>Tableau 3:</b> Composition chimique (% MS) de quelques fourrages.....	14
<b>Tableau 4:</b> Evolution de la valeur énergétique et azotée en fonction du stade de développement.....	15
<b>Tableau 5 :</b> Composition et estimation des valeurs alimentaires de quelques fourrages verts et céréales usuelles.....	22
<b>Tableau 6 :</b> Recommandations pour l'alimentation des aliments complet pour lapin.....	23
<b>Tableau 7 :</b> Composition chimique de l' <i>Artemisia herba alba</i> .....	40
<b>Tableau 8 :</b> Valeurs énergétiques et azotées de l' <i>Artemisia herba alba</i> .....	44

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> <i>Armoise</i> (milieu naturel, début de la saison de floraison).....	5
<b>Figure 2 :</b> Structure chimique de quelques composés de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> .....	9
<b>Figure 3 :</b> Détermination de la région de Bérine.....	30
<b>Figure 4 :</b> Délimitation de la steppe Algérienne.....	31
<b>Figure 5 :</b> Armoise blanche ( <i>Artemisia herba alba</i> ).....	31
<b>Figure 6 :</b> Extraction des huiles essentielles par un Clevenger-Modifié .....	33
<b>Figure 7 :</b> Extraction de la Matière grasse par le Soxhlet .....	36

## Introduction

L'alimentation rationnelle des animaux d'élevage dépend de l'ajustement de l'apport nutritif en fonction des besoins des animaux et les réponses physiologiques et métaboliques prévues (**Dermaquilly et al., 1970**).

Pour atteindre cet objectif, il est impératif de connaître la valeur alimentaire des fourrages. Celle dernière ne dépend pas uniquement de leur richesse en fibres, en protéines et en minéraux, mais aussi de la digestibilité qui n'est autre que la disponibilité de ces nutriments à l'organisme animal.

La mesure de la digestibilité *in vivo* d'un fourrage est très précise, mais nécessite des installations complexes et des quantités importantes d'aliments à tester (**Soltner, 1999**). Cette technique est jugée fastidieuse et au même temps coûteuse. Pour remédier à ces entraves de nombreux chercheurs ont mis au point des formules de prédiction qui permettent d'obtenir une estimation correcte de l'énergie digestible chez le lapin (**lebas, 2013**), énergie métabolisable chez la volaille (**INRA, 1988**) et de prévoir les unités fourragères lait et viande ainsi que les protéines digestibles d'un fourrage donné.

Dans le but de valoriser les ressources fourragères en Algérie et la connaissance des espèces à intérêt fourrager et pastoral, notre travail porte sur l'étude des caractéristiques nutritives de l'Armoise blanche (*Artimesia herba alba*), dans l'objectif de son intégration privilégiée en alimentation animale.

## 1.1. Généralités

L'*Artemisia herba alba* (Armoise herbe blanche) a été décrite par l'historien grec Xénophon, dès le début du IV<sup>ème</sup> siècle av. J.-C., dans les steppes de la Mésopotamie (Francis, 2001). Elle a été répertoriée en Algérie en 1779 par le botaniste espagnol Ignacio Jordàn Claudio de Asso y del Rio (IPNI, 2001).

*Artemisia herba alba* est une espèce de la famille des *Asteraceae* d'Afrique du Nord. Elle est très répandue sur les hauts plateaux dans l'étage bioclimatique du semi-aride frais. Dans les steppes, principales zones de parcours de l'élevage ovin nomade, elle alterne avec des formations à Alfa. Elle représente une importante ressource fourragère (Houmani et al., 2004).

Elle est aussi considérée comme une plante aromatique et médicinale, recommandée pour ces actions antidiabétique et antibactérienne (Djebaili, 1987).

Elle évoque une odeur caractéristique d'huile de thymol et un goût amer d'où son caractère astringent (Nabli, 1989).

### 1.1.1. Classification botanique

La classification systématique de l'armoïse est la suivante (Judd et al., 2002).

**Règne :** Plantae.

**Embranchement :** Spermaphytes.

**Sous- embranchement :** Angiospermes.

**Classe :** Dicotylédones.

**Sous- classe :** Gamopétales.

**Ordre :** Asterales.

**Famille :** Asréracées ou compositae.

**Sous-famille :** Asteroideae.

**Tribu :** Anthemideae.

**Genre :** *Artemisia*.

**Espèce :** *Artemisia herba alba* Asso.



**Figure 1 :** *Armoise* (milieu naturel, début de la saison de floraison) (Messai, 2011).

### 1.1.2. Dénominations

- ❖ **Nom en Arabe :** Chih.
- ❖ **Nom Tamazight:** Ifsi(El Rhaffari, 2008).
- ❖ **Noms en Français :** Armoise blanche (El Rhaffari, 2008).
- ❖ **Noms en Anglais :** Desert wormwood ou white wormwood(Al-Khazraji et al., 1993 ; Seddiek et al., 2011 ; Abass, 2012).

### 1.1.3. Description morphologique

L'*Artemisia herba alba* Asso, est un arbuste nain vivace (Al-Khazraji et al., 1993, Kavishankar et al., 2011) ses tiges sont rigides et droites (Coline, 2002). Les feuilles sont poilues, courtes, sessiles, verdâtres argentées et penatilobées. Les fleurs sont hermaphrodites jaunâtres emballées dans des petites capitules (comprenant chacune de 3 à 8 fleurs) sessiles. Les bractées externes de l'involucre sont orbiculaires et pubescentes, les fruits sont des akènes (Ghrabi et Al-Rowaily, 2005).

Le système racinaire de l'armoïse blanche est intensif (fascicule) avec un réseau très dense (Lazizi, 2001). Selon Frechichi et al. (2002), grâce à son système racinaire très dense à la surface, elle est capable de valoriser l'humidité superficielle causée par des petites pluies, ainsi que l'humidité du sol jusqu'à 50 cm de profondeur.

### 1.1.4. Habitat et répartition

L'armoise blanche est une plante peuplant les steppes argileuses, pâturages rocaillieux et terreux des plateaux (El Rhaffari, 2008). On la trouve dans les régions où le climat est aride ou semi-aride comme les hautes plaines steppiques, l'Asie occidentale, l'Afrique du Nord (Tunisie, Maroc et Algérie) et en Espagne (Al-Khazraji et al., 1993, Bouldjadj, 2009, Mighri et al., 2010, Hamza, 2011, Seddiek et al., 2011, Kavishankar et al., 2011).

L'armoise blanche présente une vaste répartition géographique couvrant, en Algérie, environ 4 millions d'hectares et se développe dans les steppes argileuses et les sols tassés relativement peu perméables. Elle se trouve sur les dayas, les dépressions et les secteurs plus ou moins humide. Elle constitue un moyen de lutte contre l'érosion et la désertification (Ayad et al., 2014).

## 1.2. Intégration de l'armoise dans l'alimentation des animaux

### 1.2.1. Valeur nutritive

Les steppes d'Armoise blanche sont considérées parmi les meilleurs parcours pastoraux steppiques des hautes plaines d'Algérie (Houmani et al., 2004). Elle constitue une ressource fourragère importante dans les steppes, particulièrement en temps de disette (Houmani, 2006).

La production primaire de l'armoise varie de 500 à 4500 kg MS/ha avec une production annuelle totale de 1000kg MS/ha (Nedjroui, 2003).

L'armoise possède une valeur nutritionnelle, intéressante pour l'élevage (Ayad et al., 2014). En effet elle est caractérisée par une teneur élevée en cellulose brute (31,9%), en matières azotées totales (12, 1%) et intéressante en matières minérales (7,5%). Les teneurs en matières azotées totales et matières minérales de l'*Artemisia herba alba* (12,1% et 7,5%) sont proches de celles de *Artemisia fragrans* (11,3% et 8,7%) et inférieures à celles de *Artemisia campestris* (14,5% et 11,8%). Elle est digestible avec 65,7% pour la matière organique et 54,6% pour la cellulose brute (tableau 1) (Houmani et al., 2004).

**Tableau 1 : Composition chimique de l'*Artemisia herba alba*.**

	(MS%)	<u>Teneur en % de matière sèche</u>					d'échantillons
		MO	MAT	CB	MM	MG	
Moyenne	52,9	92,5	12,1	31,9	7,5	9,0	10
E.S.M	0,9	0,6	1,7	0,9	0,6	0,5	

**(Houmani et al., 2004)**

Cette plante présente un équilibre harmonieux entre le calcium (0.5%) et le phosphore (0.07%) (Ayed et al., 2014).

Les constituants chimiques et les digestibilités observées font l'*Artemisia herba alba* une plante de bonne valeur fourragère (Alibes et Tisserand., 1990).

L'armoise blanche possède une valeur fourragère moyenne de 0,65 UF/kg de MS, mais sa valeur énergétique varie selon les saisons (Nedjraoui et Bechet., 1982). Elle est de l'ordre de 0,45 UF/ kg MS (Ayed et al., 2014). Elle est très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/kg de MS) et augmente progressivement au printemps (0,92 UF/kg de MS) pour diminuer de nouveau en été (0.6 UF/kg MS). En automne avec les premières pluies de septembre il y'a apparition d'une nouvelle période de croissance ce qui augmente la valeur énergétique (0.8UF/kg de MS) (Nedjraoui et Bechet, 1982).

Les valeurs énergétiques de l'armoise sont similaires à celles de certaines plantes fourragères de référence (INRA, 1988), telles que *Medicago sativa* (légumineuse), avec 0,70 UFL et 0,65 UFV par kg MS, et *Hordeum vulgare* (graminée), avec 0, 72 UFL et 0,64 UFV par kg MS. Tandis que les valeurs azotées sont inférieures à celles de *Medicagosativa* (85 g PDIE et 112 g PDIN par kg MS), comparables pour les PDIE (68 g par kg MS) et supérieures pour les PDIN (54,0 g par kg MS) a celles de *Hordeum vulgare* (Houmani et al.,2004). (Tableau 2).



**Tableau 2 : Valeurs énergétiques et azotées de l'*Artemisia herba alba***

	Valeurs énergétiques		Valeurs azotées			énergie			Digestibilité	
	(/ kg de MS)		(g/ kg de MS)			(kcal/ kg de MS)			(in vitro%)	
	UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	EB	ED	EM	MO	CB
Moyenne	0,70	0,63	21,7	70,5	66,9	4054	2515	2063	65,7	54,6
E.S.M	0,03	0,01	1,7	0,7	0,4	102	63	52	0,5	1,2

(Houmani et al., 2004)

### 1.2.2. Présence de facteurs antinutritionnels

Sa composition chimique est complètement dépourvue d'alcaloïdes (Gseryra, 2011). La plante est riche en composés poly-phénoliques, qui sont les meilleurs antioxydants, flavonoïdes et tanins. Elle contient aussi des anthocyanes, des acides phénoliques et d'autres substances. Les études phytochimiques ont montrés que l'ivette contient aussi des ecdystéroïdes, des diterpénoides, des iridoïdes et des saponosides acides (Boudjelal, 2013).

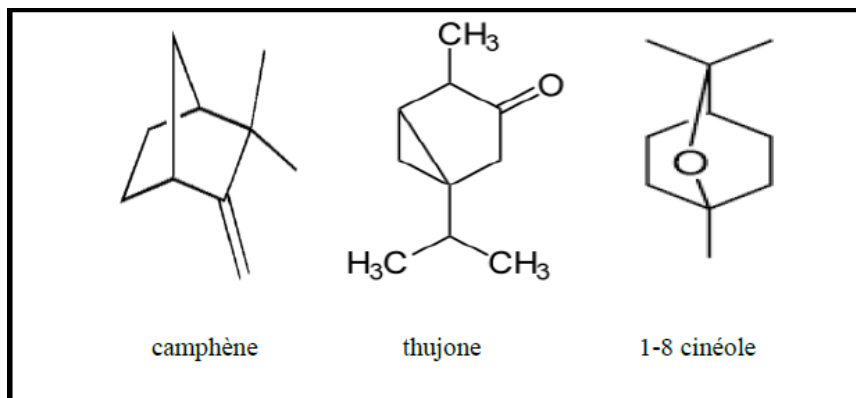
### 1.3. L'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*

La pharmacopée française définit les huiles essentielles comme des produits de composition spécialement assez complexe renferment des produits volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifier au cours de la préparation (Gravier et Sylverion, 2002).

Chez l'*Artemisia herba alba* Asso, le matériel végétal fraîchement récolté est séché à l'ombre, l'extraction est effectuée par hydro distillation classique (Hatimi et al., 2000).

Généralement, l'huile est en grande partie composée de monoterpénoïdes, principalement oxygénés tels que le 1-8 cinéole, chrysanthenone,  $\alpha$  et  $\beta$  thujones et le camphre comme composants majeurs (Mohamed et al., 2010). Les travaux de Feuerstein et al(1986) ont montré une importante variabilité dans les composés des huiles essentielles des plantes de l'*Artemisia herba alba* récoltées dans différentes localités au Sinai et en Palestine, particulièrement pour le 1 – 8 cineol (13% à 50%) et le camphre (0,

1% à 25%) (**Houmani et al.,2004**). Selon **Helbert (1990)**, le camphre est caractérisé par une activité anticoagulante et cicatrisante. **Belakhdar (1997)** souligne que les thuyones sont toxiques, mais elles présentent des propriétés vermifuges.



**Figure 2** : Structure chimique de quelques composés de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* (Bouzidi, 2001)

#### 1.4. Intérêts de l'*Artemisia herba alba*

##### 1.4.1. Intérêt médicinal et pharmaceutique

L'*Artemisia herba alba* est utilisée dans la médecine traditionnelle humaine et vétérinaire (**Houmani et al., 2000**). C'est un remède très populaire auquel on a souvent recours, pour faciliter la digestion, calmer les douleurs abdominales et certains maux de foie et antidiabétique. Ses racines sont indiquées contre certains troubles nerveux (**Baba Aissa, 2000**). Selon **Nabli (1989)**, elle est utilisée notamment comme vermifuge chez les ovins.

Le miel butiné sur l'armoise blanche partagerait les propriétés de la plante elle-même (**Boullard, 2001**).

##### 1.4.2. Intérêt alimentaire

En alimentation, l'armoise blanche est considérée comme l'arôme de certaines boissons comme le thé ou le café, ou même gazeuse « Martinazi ». Néanmoins, son usage dans l'industrie alimentaire reste très limité à cause de la toxicité de la bêta-thujone dont le taux ne doit pas dépasser 5mg/kg (**Bendjilali et al., 1984**).

### 1.4.3. Intérêt écologique

L'armoise blanche est considérée comme l'une des meilleures espèces candidate pour la réhabilitation des écosystèmes dégradées en bioclimats méditerranéens (**Ben Salem et al., 2006**). Elle possède la capacité d'absorption des métaux lourds (cuivre et zinc) des effluents contaminé ou jets industriels (**Henni et al., 2006**).

### 1.5. Toxicité

A forte dose, l'armoise est abortive, neurotoxique et hémorragique. La thuyone constitue la substance toxique et bioactive dans l'armoise et la forme la plus toxique est l'alpha-thuyone. Elle a des effets convulsivantes (**Aouadhi, 2010**).

Selon **Ghrabi et al., 2005**, l'ingestion abusive d'armoise blanche peut purger en particulier les moutons. Selon les mêmes auteurs, l'excès peut causer la mort des jeunes agneaux.

## **2.1.Généralités**

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 plus précise de la valeur d'un fourrage peut être obtenue à partir d'une analyse au laboratoire.

Les méthodes d'estimation de la valeur nutritionnelles des aliments reposent principalement sur la composition chimique des aliments (**INRA., 1981 ; Jarrige., 1988**).

Le terme de valeur alimentaire d'un fourrage recouvre deux notions complémentaires : La valeur nutritive de ce fourrage, et son ingestibilité (**Dermaquilly, 1988**).

### **2.1.1. Valeur nutritive des fourrages**

La valeur nutritive du fourrage représente sa concentration en éléments nutritifs, (Énergie, azote, minéraux, vitamines) digestible par l'animal (**Jarrige, 1988**).

Selon **Soltner (1986)**, la valeur nutritive représentée par la valeur énergétique exprimée en UF, et la valeur azotée exprimée en PDI. Ainsi que la teneur en minéraux dépend surtout de la digestibilité de la matière organique de l'aliment.

### **2.1.2. Valeur énergétique**

La valeur énergétique des fourrages s'exprime par leur teneur en énergie nette dans le système des unités fourragères (UFL, UFV). 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., 2009**).

### **2.1.3. Valeur azotée**

La valeur azotée des fourrages s'exprime par leur teneur en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) afin d'intégrer les remaniements importants des protéines dans le rumen (**Baumont et al., 2009**).

A la sortie du rumen ces protéines sont réparties en deux fractions : La fraction alimentaire PDIA, et la fraction microbienne PDIM (**INRA ,2007**).

#### **2.1.4. Ingestibilité**

L'ingestibilité est la capacité des fourrages à être ingérés, plus un fourrage est encombrant, moins il est ingestible (**Baumont et al., 2009**). Pour un animal donné, la quantité volontairement ingérée de fourrage dépend des caractéristiques du fourrage, qui détermine son ingestibilité (**Baumont et al., 2009**).

L'ingestibilité des plantes fourragères classiques selon **Jarrige et al, (1978)** varie dans le même sens que leur digestibilité.

Selon **Jarrige (1984)**, l'ingestibilité d'un fourrage diminue au fur et à mesure lorsque :

- La plante vieillit.
- La teneur en MAT diminue
- La teneur en CB augmente.

#### **2.1.5. Digestibilité**

La digestibilité exprime la proportion d'un constituant chimique disparue entre sa consommation et son excrétion dans les fèces (**Selmi et al., 2011**). Selon **Daccord et al. (2005)**, la digestibilité semble être liée à l'espèce, l'âge, et le stade phénologique, mais aussi à la composition chimique de la plante.

La prévision de la digestibilité de la matière organique a fait l'objet d'une attention particulière en raison de son rôle déterminant sur la valeur énergétique des aliments (**INRA, 1990**).

Une méthode enzymatique associant la pepsine et une cellulase permet de prévoir la digestibilité des fourrages (**Adams et Terry, 1980**).

### **2.2. Facteurs de variations de la valeur alimentaire**

La valeur alimentaire du fourrage varie selon **Andrieu et Baumont(2000)** avec les caractéristiques du fourrage et les caractéristiques de l'animal.

La température, l'ensoleillement et l'aridité ont une influence directe sur la composition chimique des fourrages et, par conséquent, sur leur valeur nutritive (**Tisserand ,1991**).

## 2.2.1. Facteurs intrinsèques

### 2.2.1.1. Variations en fonction de la famille botanique

La valeur alimentaire des plantes fourragères diffère d'une famille à une autre. Il existe selon **Lapeyronie (1982)**, entre les deux groupes des plantes graminées et légumineuses des différences importantes de composition.

**Daccro et Arrigo (2001)** montrent que l'appartenance botanique est le principal facteur de variation des teneurs en Calcium et Magnésium.

### 2.2.1.2. Variations en fonction de l'âge et le stade de végétation

Une des principales causes de l'altération de la qualité des fourrages est le stade de Végétation de l'herbe au moment où elle est utilisée. **Bourenierias, (1979)**, constate une modification de la composition chimique durant les différents stades de développement des plantes (**tableau 3**).

**Tableau 3 : Composition chimique (% MS) de quelques fourrages**

Espèce	MS (%)	MM (%)	MAT (%)	CB (%)
Luzerne stade bourgeonnement	20,3	10,4	23,3	25,6
Luzerne stade floraison	26,2	9,5	17,8	33,5
Sorgho épiaison	22,2	8,5	7,4	32,4
Sorgho grains pâteux	25,7	10,2	6,4	34,0

(Chibani et al., 2010)

La composition d'un fourrage diffère selon le stade de la plante, elle s'enrichit en cellulose brute aux dépens des matières azotées.

La valeur énergétique et azotée des fourrages varient d'un stade à l'autre de la même plante, elle est plus importante aux premiers stades (**Tableau 4**).

**Tableau 4 : Evolution de la valeur énergétique et azotée en fonction du stade de développement**

Espèce	Valeur énergétique (Kg/MS)		Valeur azotée (g/Kg MS)	
	UFL	UFV	PDIN	PDIE
Armoise blanche (Stade débourrement)	1,24	1,23	129	118
Armoise blanche (Stade fruit)	0,89	0,81	89	93
Armoise des champs (Stade débourrement)	0,80	0,72	87	83
Armoise des champs (Stade fruit)	0,81	0,72	87	85

(Kadi et Zirmi., 2016)

**2.2.2. Facteurs extrinsèques****2.2.2.1. Variations en fonction des conditions pédoclimatiques**

Les différences bien connues de la valeur nutritive entre les fourrages des pays tempérés et des pays tropicaux sont à l'origine de nombreuses études sur l'influence des conditions climatiques sur la composition chimique et la valeur nutritive des fourrages (Dermaquilly, 1982).

**2.2.2.2. Variations en fonction de mode de conservation**

Le mode de conservation peut influencer la composition chimique, vue les pertes qu'il peut occasionner (Renault, 2003).

**-L'ensilage :** La chute de la valeur alimentaire des fourrages après ensilage peut être très importante : 48 % en moyenne pour les ensilages directs de graminées. Il ne faut cependant pas l'assimiler à une perte puisqu'elle résulte essentiellement de la diminution des quantités ingérées et non de la valeur énergétique du produit (Dermaquilly et al., 1998).

**-Le fanage :** La conservation du fourrage par déshydratation lui conserve une bonne valeur nutritive (Peyraud et Delaby, 1994).

Lebas et Goby (2005), montrent qu'un séchage à base de température permet une amélioration de l'efficacité alimentaire de 14%.

## **2.3.Méthodes de mesure de la valeur alimentaire des fourrages**

### **2.3.1. Méthode chimique**

L'analyse chimique est la méthode la plus simple pour évaluer les fourrages. Beaucoup de données sur la composition des aliments sont basés sur les analyses approximatives, développées à travers le siècle dernier (**Mcdonald et al., 1995**).

Une des méthodes chimiques, divise le substrat en six fractions : la matière sèche, la matière minérale, les protéines brutes, l'extrait éthéré, les fibres brutes et l'azote libre. Il existe un autre procédé alternatif pour l'estimation des fibres (**Van Soest et Wine, 1967**). Ce dernier est maintenant le plus utilisé et le plus fiable. Ce procédé offre l'avantage de prédire l'ingestion et la valeur nutritive, car il sépare les composants fibreux suivant leur dégradabilité, plutôt qu'en entités chimiques définies. Il a été développé pour quantifier à la fois les composants cellulaires et les composants pariétaux, principalement présents dans le matériel végétal (**Moulud, 2003**).

### **2.3.2. Méthode enzymatique**

Plusieurs méthodes enzymatiques ont été proposées pour prédire la digestibilité des aliments. Son principe est de stimuler le processus digestif chez les animaux en utilisant des enzymes, elle présente l'avantage d'être rapide, simples et peu coûteuses. Ces méthodes montrent une bonne reproductibilité, permettant une prédiction correcte de la digestibilité *in vivo* des fourrages, à l'exception des aliments riches en tanins (**Aufrere et Guerine., 1996**).

Selon **Aufrere et al.,(1983)**, la méthode à la pepsine-cellulase utilise une enzyme cellulolytique produite par un champignon. Cette méthode présente donc l'avantage d'être normalisée pour des comparaisons entre laboratoire et pour des ensembles des fourrages produits dans des conditions variées. L'application de la méthode de la pepsine-cellulase aux fourrages contenant des tanins est cependant délicate car l'effet des tanins sur l'activité enzymatique est difficile à quantifier.

La méthode à la protéase est surtout appliquée pour estimer la dégradabilité théorique des matières azotées des sous-produits agro-industriels (**Aufrere et Michelet-Doreau, 1983**).



### 2.3.3. Méthode de spectrophotométrie

La spectrophotométrie à réflectance dans l'infrarouge est une méthode analytique et physique. Elle repose sur l'étude des spectres de réflectance, c'est-à-dire l'émission de radiations par la substance étudiée, lorsqu'elle est soumise aux rayons infrarouges sous différentes longueurs d'ondes, étalées de 730 à 2500 nm (**Mouloud., 2003, Boubekour, 2017**).

Les spectres d'absorption obtenus dépendent des liaisons chimiques établies entre les différents constituants de l'aliment. Il est, de ce fait, possible d'identifier à l'aide de témoins dans un spectre, des régions spécifiques qui correspondent aux différents composants alimentaires. Les spectres d'absorption sont principalement influencés par la composition chimique mais aussi par la taille des particules, la température et l'homogénéité de l'échantillon. Cette méthode, développée par **Norris et al., (1976)**, a été largement utilisée dans la prédiction de la digestibilité *in vivo* de la matière organique (**Barber et al., 1990**), de l'énergie métabolisable et de l'ingestion volontaire (**Deavil et Flinn., 2000 ; Steen et al.,1998**).Comparativement à d'autres méthodes d'analyses, la technique NIRS est unique car elle est non destructrice et ne nécessite pas de réactifs chimiques. Elle est par conséquent non polluante (**Adesogan et al., 1998 ; Deville et Flinn., 2000**).

### 2.3.4. Méthode de production de gaz

Le principe de cette méthode est de stimuler le processus de digestion chez l'animal en évaluant la production de gaz, qui reflète l'intensité des fermentations des aliments par la microflore de l'inoculum, notamment par les bactéries amylolytiques et cellulolytiques (**Nagadi et al., 2000**). Elle est considérée actuellement comme une technique de routine dans l'évaluation de la valeur nutritive des aliments après les travaux de **Menke et al., (1979)**, dans lesquels une forte corrélation entre la production de gaz *in vitro* et la digestibilité apparente a été établie. La quantité de gaz libérée donne une meilleure estimation de la digestibilité et de la valeur nutritive des fourrages pour les ruminants. (**Menke et al., 1979 et Guetachew et al., 2004**).

### 2.3.5. Méthodes biologiques

Ce sont des méthodes qui se basent sur la digestion des aliments par les microorganismes du rumen.

#### 2.3.5.1. *In vivo*

C'est 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 (**Jean-Blain, 2002**). Selon **Hornick et al (2003)** et **Schubiger et al (2002)**, cette méthode est longue, laborieuse, lourde et nécessite de gros moyens et un aliment de composition constante.

#### 2.3.5.2. *In vitro*

D'après **Tilly et Terry (1963)**, l'échantillon est d'abord incubé dans du jus de panse (conditions favorables d'anaérobiose, de température et de pH, aussi voisines que celles du rumen) avant d'être dégradés dans une solution (tampon) de pepsine et d'acide chlorhydrique, on mesure ensuite la quantité de la matière organique non dégradée.

#### 2.3.5.3. *In sacco*

Selon **Dermaquilly 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 incubés directement dans le rumen d'animaux munis d'une canule ruminale.

Cependant, cette technique exige certains paramètres :

- **Pores des sachets** : la taille des pores des sachets doit permettre l'entrée du jus de rumen et des microorganismes. Les pores des sachets doivent être suffisamment fins pour minimiser les pertes de particules du substrat non dégradé. Pour cela, les mailles des pores les mieux adaptés sont comprises entre 40 et 60  $\mu\text{m}$  comme standard (**Orscov., 2000**) ;
- **Rapport taille échantillon/surface des sachets** : Ce rapport est estimé à 15 mg MS/  $\text{cm}^2$ . Le substrat incubé doit être capable de se mouvoir facilement dans le sachet afin d'éviter la formation de micro environnement affectant la réplication de l'analyse (**Michelet-Doreau et Noziere., 1999**) ;
- **Nombre et espèces animales** : **Mehrez et Orscov (1977)**, observent que l'animal hôte est la source majeure de variation dans les techniques des sachets. Pour cela,

il est suggéré que l'échantillon doit être incubé au moins deux fois chez trois animaux pour minimiser les variations individuelles ;

- **Ration de l'animal** : les meilleures conditions d'évaluation d'un aliment impliquent une ration de l'animal similaire à l'aliment incubé (**Orscove., 2000**). Cependant, quand il est nécessaire d'évaluer plusieurs aliments dans une même expérience, cela devient un facteur limitant. Par conséquent, il est nécessaire de formuler une ration qui assure un environnement ruminal optimal pour la croissance du microbiote ruminale ;
- **Préparation de l'échantillon** : Il doit représenter aussi fidèlement que possible l'aliment consommé par l'animal et présent dans le rumen. Pour cela, il est suggéré que le substrat séché soit broyé en particules de 2,5 à 3 mm.

### 3.1. Généralités

Le lapin est un monogastrique herbivore. Sa digestion est particulière par rapport à sa pratique de cécotrophie. Pour cette raison, son alimentation doit contenir une part importante en fibre, afin de réduire les troubles digestifs. Pour son métabolisme de base, sa croissance, ses productions le lapin doit aussi ingérer de l'énergie (glucides, lipides), des protéines et des minéraux pour couvrir ses besoins (**Gidenne et al ,2012**).

En élevage, l'alimentation des lapins est souvent composée de granulés fabriqués à partir de diverses céréales, de fourrage et de tourteaux, qui lui permettent d'avoir une très bonne croissance et de contrôler au mieux la qualité sanitaire des produits ingérés par les animaux. Les lapines en consomment 150 à 350 g selon leur stade physiologique, et les lapereaux en engraissement 100 à 120 g (**Lebas, 2010**).

En Algérie la luzerne déshydratée est l'ingrédient majoritaire dans la fabrication du granulé. Cette matière présente un double inconvénient, majoritairement importée, et concurrençant des spéculations prioritaires telle que le bovin. Pour cela la réflexion conduit dans le sens de son remplacement.

#### 3.1.1. Plantes utilisées en alimentation du lapin

Chez les éleveurs traditionnels, les lapins sont nourris avec du foin, des choux fourragers, des betteraves fourragères, des graines de céréales germées, des tourteaux, des pommes de terre, des topinambours, des fruits et bien d'autres aliments à disposition des éleveurs (**Lissot, 1974**). D'après **Lebas, 2010**, il ya une différence significative entre les lapins alimentés avec l'aliment commercial et ceux alimentés avec un aliment expérimental équilibré ou juste complémenté. Cette différence varie en fonction des valeurs nutritive et la composition chimiques des matières premières qui sont choisis pour la formulation de l'aliment destiné aux lapins (Tableau 5).

**Tableau 5: Composition et estimation des valeurs alimentaires de quelques fourrages verts et céréales usuelles**

		Matière sèche (g/kg)	Protéines brutes (g/kg)	Cellulose brute (g/kg)	ADF g/kg	ED lapin (kcal/kg)
Luzerne ( <i>Medicago sativa L.</i> )	Pâturage 2eme cycle	190 à 260	170 à 240	260 à 340	250 à 350	1700 à 2100
Trèfle violet ( <i>Trifolium pratense L.</i> )	Pâturage 2eme cycle	130 à 170	180 à 250	180 à 240	190 à 250	1800 à 2200
Dactyle ( <i>Dactylis glomerata L.</i> )	Pâturage stade début épiaison	280 à 340	90 à 160	260 à 320	270 à 330	1500 à 1800
Avoine ( <i>Avena sativa L.</i> )	Graine entière	880	114	136	170	2800 à 3000
Orge ( <i>Hordeum spp.</i> )	Graine entière	867	116	58	70	3300 à 3500
Pois ( <i>pisium sativum L.</i> )	Graine entière	860	244	58	70	3300 à 3500
Tournesol ( <i>Helianthus annuus</i> )	Graine entière	930	172	172	187	2800 à 3200

(Gidenne et al, 2012)

### 3.2.Besoins du lapin

Après le sevrage le lapin continue sa croissance et ses besoins alimentaires augmentent et en quantité et en qualité. L'alimentation correcte des lapins recommande une haute teneur en fibres, un faible apport d'amidon, et un niveau modéré de protéines et de calcium. Cette stratégie aide à maintenir l'équilibre des populations microbiennes intestinales et marche avec le potentiel des pays en développement en matière de ressources alimentaires (Irelbeck, 2001).

Le lapin a besoin dans sa nourriture d'un certain nombre d'éléments. Ces besoins varient avec le stade physiologique. En plus la population microbienne du coecum et la cecotrophie permettent au lapin de tirer un apport supplémentaire d'énergie, d'acides aminés et de vitamines (Guemour, 2011).

Il est de se fait nécessaire de mettre à sa disposition un aliment complet équilibré et granulé, cet aliment doit être formulé pour couvrir les besoins nutritionnels de ces animaux et leur permettre leur potentiel de croissance avec un indice de consommation le plus bas possible (Kadi., 2012). (Tableau 6).

**Tableau 6 : Recommandations pour l'alimentation des aliments complet pour lapin**

Composants d'un aliment à 89% de MS		Unités	Jeune en croissance (4 à 12 semaines)	Aliment mixte (maternité, engraissement)
Energie digestible		(kcal / kg)	2400	2400
Protéines brutes		%	16	16
Protéines digestibles		%	12	12.4
Lipides		%	2.5	3
Fibres	Cellulose brute (Méthode de Weende)	%	15	14
	Ligno-cellulose (ADF) mini	%	19	16
	Lignine (ADL) mini	%	5	5
	Amidon (max)	%	14	16
Acides aminés principaux	Lysine	%	0.75	0.8
	Acides aminés soufrés (méthionine + cystine)	%	0.55	0.6
	Thréonine	%	0.55	0.6
	Tryptophane	%	0.13	0.14
	Arginine	%	0.8	0.8
Minéraux	Calcium	%	0.7	1.1
	Phosphore	%	0.4	0.5
	Potassium	%	0.7	1
	Sodium	%	0.22	0.22
	Chlore	%	0.28	0.3
	Magnésium	%	0.3	0.3

(Lebas et al., 1996, Lebas., 2004)

### 3.2.1. Les besoins en eau

Contrairement à ce que pensent certains éleveurs mal informés, l'eau est un élément absolument indispensable au lapin surtout s'ils ne consomment que de la nourriture sèche (**Guemmour, 2011**).

La consommation quotidienne d'eau est de 1.5 à 2 fois supérieure à la quantité de matière sèche ingérée.

Des températures trop élevées dans le bâtiment peuvent augmenter la consommation d'eau au détriment de l'ingestion de l'aliment, ce qui peut provoquer de fortes baisses de croissance (**INRA, 1989**).

La qualité de l'eau est un facteur important. Une eau de mauvaise qualité microbiologique peut être la cause de troubles digestifs graves, surtout chez les jeunes (**INRA, 1989**).

### 3.2.2. Les besoins en énergie

Selon **Lebas (1989)**, le système énergétique employé de la manière la plus courante chez le lapin, pour exprimer ses besoins est celui de l'énergie digestible (ED). En effet, l'énergie métabolisable représente une part relativement fixe de l'énergie digestible (94 à 96%). Le besoin d'entretien quotidien d'énergie digestible d'un lapin a été estimé par **Parigi-Binil et Xiccato (1986)** à 484 kJ/kg de poids métabolisable.

L'énergie contenue dans l'aliment sert à couvrir les besoins d'entretien et de production. Dans l'alimentation, l'énergie est essentiellement fournie par les glucides, les lipides et quelques fois par les protéines après désamination. Un besoin strict en énergie n'a pas pu être déterminé ; toutefois, on a pu montrer que l'ingestion n'est correctement régulière qu'entre 2200 et 3200 kcal ED/kg d'aliment (**Lebas et al., 1996**).

### 3.2.3. Besoins en fibres

La cellulose quant à elle joue un rôle capital dans l'alimentation du lapin en fournissant le lest. Une teneur de 13 à 14% apparaît comme suffisante pour les lapins en croissance. Une trop forte réduction de la quantité de fibres ingérées entraîne des baisses de vitesse de croissance, souvent associées à des troubles de l'ingestion ou de la digestion et des mortalités par diarrhée (**Gidenne, 2001**).

Par ailleurs, des observations de terrain ont montré que les lapins qui ingèrent des aliments contenant très peu de fibres (teneurs inférieures à 10%), consomment

parallèlement les poils comme pour compenser le manque de fibre dans l'aliment (**Rossilet, 2004**).

Il convient, cependant, de souligner que le lapin a besoin d'ingérer des aliments fibreux tels que l'herbe ou les racines alimentaires. Les fibres qu'ils contiennent jouent un rôle important dans le passage normal des aliments tout au long du système digestif (Transit digestif). Un lapin qui n'ingère pas assez de matières fibreuses peut commencer à mordre le morceau de bois à sa portée et peut même s'en prendre à la fourrure de ses congénères (**Fielding, 1993**).

#### **3.2.4. Besoins en protéines et acides aminés**

Le taux des protéines influe, significativement, sur la vitesse de croissance, qui s'accélère avec un taux protéique élevée (**Lebas et Ouhayoun, 1984**). Dans la ration alimentaire du lapin, les protéines doivent représenter 16 à 17% pour les jeunes en croissance, et 17 à 19% pour les lapins en reproduction (**Lebas, 2004**).

Une réduction de l'apport protéique en dessous de recommandations altère la vitesse de croissance et la qualité bouchère (**Lebas et Ouhayoun, 1984**). Alors que si l'apport azoté est supérieur aux besoins, il n'ya pas d'effet régulateur sur la consommation (**Lebas, 1992**). Dans le commerce souvent l'aliment granulé est mixte, convenant aussi bien à la croissance que pour la reproduction. Il dose en moyenne 16 % de protéines brutes. Selon Lebas une diminution de 1% de protéines brutes est l'une des causes des mortalités au nid.

Selon **Lebas (1992)**, dix des 21 acides aminés constituant les protéines sont indispensables dans l'alimentation des lapins. Les besoins en lysine et en acides aminés soufrés sont proches de 0,6 % et ceux en arginine sont d'au moins 0,8% (**Blum, 1984**). Selon **Berchiche (1985)**, une carence en méthionine engendre une altération de la vitesse de croissance.

#### **3.2.5. Besoins en vitamines et en minéraux**

Les microorganismes de la flore digestive synthétisent des quantités importantes de vitamines hydrosolubles qui sont valorisées par le lapin grâce à la cecotrophie (**Blum, 1989**).

Si l'apport pour l'une ou l'autre de ces vitamines devient excessif ou insuffisant cela peut entraîner des troubles digestifs, un retard de croissance, une mortalité et des avortements.

Un excès ou une carence en vitamine se traduit chez les lapines gestantes par des avortements et la mise bas de lapereaux mort-nés. Par contre aucun symptôme externe n'est



visible chez les lapereaux en croissance recevant un aliment surchargé en vitamine A (**Lebas, 2000**).

Un apport excessif de vitamine D entraîne une calcification rénale et aortique, le seuil de 2000UI/kg ne doit jamais être dépassé (**Blum, 1989**).

### **3.2.6. Besoins en Matière grasse**

Les matières premières qui composent la ration alimentaire du lapin contiennent suffisamment de matière grasse naturelle, généralement de 2.5 à 3%, ce qu'il ne semble pas indispensable d'ajouter des corps gras aux aliments du lapin (**Lebas et al., 1991**).

L'apport journalier recommandé pour un lapin en croissance est de 2 à 4% (**Lebas, 2004**).



**Figure 6 :** Extraction des huiles essentielles par un Clevenger-modifié

**\*Calcul du rendement**

$$R(\%) = (V.H.E / MS) \times 100$$

R : Rendement des huiles essentielles.

V.H.E : Volume des huiles essentielles (ml).

MS : Masse de matière végétale sèche traitée(g).

**4.3.2.1.Détermination de la matière sèche (MS)**

Le principe consiste à placer un échantillon dans une étuve maintenue à 105°C pendant 24 h, jusqu'à poids constant, toute l'eau s'évapore et le résidu sec après dessiccation constitue la matière sèche.

La teneur en matière sèche est calculée par la relation suivante :

$$\% MS = \frac{Y}{X} \times 100$$



## Liste des abréviations

**ADF** : acid detergent fiber.

**AOAC**: Association of official analytical chemists.

**CB** : Cellulose brute.

**dE** : Digestibilité de l'énergie.

**dMO** : Digestibilité de la Matière Organique.

**dr** :Dégradabilité réelle.

**DT** :Dégradabilité théorique.

**EB** : Energie brute.

**ED** : Energie digestible.

**EE** : Extrait éthéré.

**EM** : Energie métabolisable.

**ENEV** : Energie nette pour l'entretien et la viande.

**ENL** : Energie nette pour le lait.

**INRA** : Institut national de la recherche agronomique.

**Kf** : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

**Kl** :Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

**Km** :Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

**Kmf** : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien et la production de viande.

**MAT** : Matières azotées totales.

**MM** : Matière minérale.

**MO** : Matière organique.

**MOF** : Matière organique fermentescible.

**MS** : Matière sèche.

**MV** : Masse de matière végétale.

**NA** : Niveau alimentaire.

**N** : Azote.

**PDIA** : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaires.

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

**PDIME** : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limités par l'azote fermentescible.

**PDIMN** : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limités par l'azote dégradable.

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

**Q** : Concentration en EM de l'aliment.

**R** : Rendement en huile essentielle.

**UFL** : Unités fourragères lait.

**UFV** : Unité fourragère viande.

**V.H.E** : Volume en huile essentielle.

## 4.1. Objectif expérimental

Ce travail porte sur :

La connaissance de la valeur nutritive de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*). La détermination de la composition chimique classique est nécessaire afin d'atteindre cet objectif.

La prédiction de sa valeur énergétique permet de raisonner sur ses éventuelles possibilités d'incorporation en alimentation animale.

L'extraction de l'huile essentielle de l'Armoise a pour objectif de connaître sa composition qualitative et quantitative en facteurs antinutritionnels (par manque d'appareillage, cet objectif a été à moitié atteint).

### 4.1.1. Présentation de la zone de récolte

L'armoise est récoltée dans la daïra de Bérine wilaya de Djelfa. Elle est située au Nord de la wilaya de Djelfa, dont elle lui dépend administrativement. Elle est à 135 km du chef-lieu de la ville de Djelfa, à 186 km de la Capitale Alger (Figure 3).

Elle s'étend sur une superficie de 187000 ha (1870 km<sup>2</sup>).

- Prioritairement agricole, le nombre d'habitants n'est que de 47.616.
- la région d'étude est limitée géographiquement par :
  - la wilaya de M'sila à l'est.
  - La wilaya de Médéa au nord.
  - La commune de Hadseharie au sud
  - La commune d'Ain-Ouessara à l'ouest (**Seghdi., 2017**).

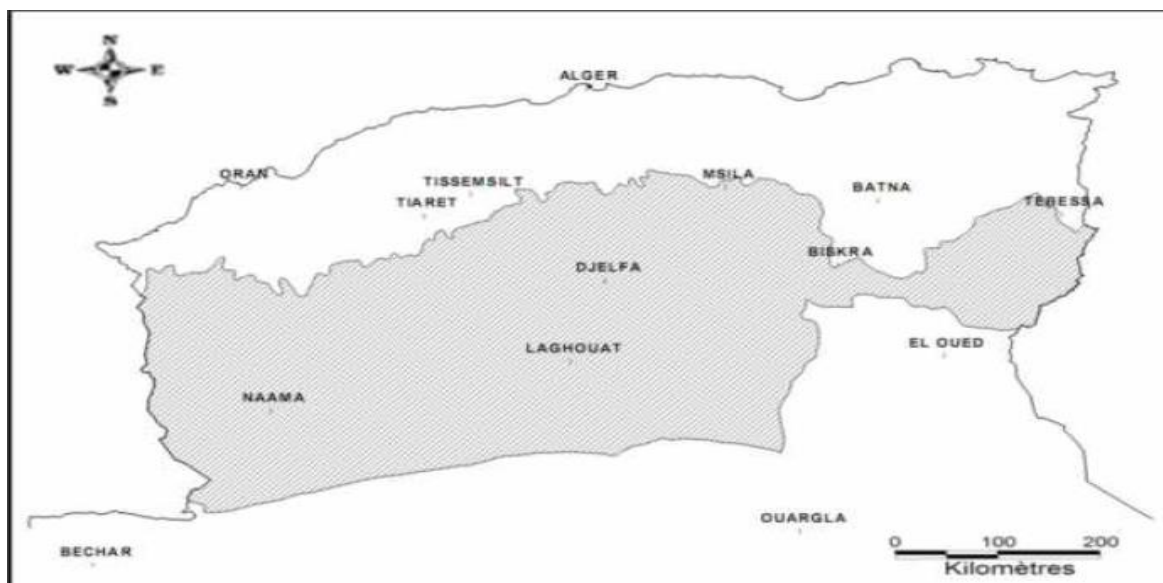


**Figure 3** : Détermination de la région de Bérine-Djelfa (Image prise à partir du web)

Cette Daïra fait partie intégrante à la steppe Algérienne, présentant ainsi les mêmes caractéristiques pédoclimatiques et édaphiques.

Selon **Seghdi (2017)**. En Algérie, la steppe constitue une vaste région qui d'étend entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, couvre une superficie globale de 20 millions d'hectares (Figure 4). Formant un ruban de 1 000 km de long, sur une largeur de 300 km à l'Ouest et au centre réduite à moins de 150 km à l'Est. Les limites de cette zone s'appuyant sur les critères pluviométriques entre les isohyètes 100 et 400 mm/ an.

D'une façon globale, la steppe présente un aspect dominant caractérisé par de grands espaces pastoraux à relief plat et à altitude élevée supérieure à 600 m. Elle est divisée par des lits des oueds parsemés de dépressions plus ou moins vastes et de quelques masses des chaînes montagneuses isolées (**Seghdi., 2017**).



**Figure 4** : Délimitation de la steppe Algérienne (Nedjraoui, 2002).

#### 4.2. Matériel végétal

L'étude a porté sur des échantillons de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*). Elle est considérée comme une plante fourragère très appréciée par le bétail. La récolte de la plante est hivernale, effectuée dans la Daïra de Béline wilaya de Djelfa durant l'année 2016 (14.12.2016).



**Figure 5** : Armoise blanche (*Artemisia herba alba*).



### 4.3. Méthodes

#### 4.3.1. Préparation des échantillons

L'échantillon de base est réceptionné le 14/ 12 / 2016 au laboratoire de zootechnie du département des biotechnologies de la faculté SNV, de l'université Saad DAHLAB Blida -1-. Il est partagé en deux sous échantillons pesés.

L'un séché à 105°C pendant 24h (pour la détermination de la matière sèche) et l'autre et séchés à 65°C pendant 48h, ensuite broyé à l'aide d'un broyeur (à 1 mm) et conservés pour les analyses chimiques ultérieures. Tous les échantillons broyés ou non, ont été conservés dans des flacons hermétiques muni d'étiquettes indiquant, la date et le lieu de récolte, ainsi que l'espèce.

#### 4.3.2. Méthodes d'analyses

Les composants chimiques sont analysés dans le laboratoire d'analyses fourragères du département de biotechnologie de l'université de Blida -1-. Les méthodes d'analyses chimiques utilisées sont celles de l'AOAC (1975). L'extraction d'huiles essentielles est réalisée laboratoire de recherche des plantes Aromatiques et Médicinales de l'université Saad DAHLAB de Blida -1-

#### \*Extraction de l'huile essentielle

L'extraction des huiles essentielles d'armoise blanche est faite selon la technique d'hydro distillation à l'aide d'un appareil de type « Clevenger-modifié » décrit à la pharmacopée française (1984) muni d'un système de cohobation. Ce montage se compose de quatre parties principales :

**-Le réacteur :** un ballon dans lequel on introduit la matière végétale et l'eau.

**-La colonne :** un cylindre en verre placé au-dessus du réacteur qui recueille la phase vapeur.

**-Un réfrigérant :** dans lequel se condensent les vapeurs.



**Figure 6 :** Extraction des huiles essentielles par un Clevenger-modifié

**\*Calcul du rendement**

$$R(\%) = (V.H.E / MS) \times 100$$

R : Rendement des huiles essentielles.

V.H.E : Volume des huiles essentielles (ml).

MS : Masse de matière végétale sèche traitée(g).

**4.3.2.1.Détermination de la matière sèche (MS)**

Le principe consiste à placer un échantillon dans une étuve maintenue à 105°C pendant 24 h, jusqu'à poids constant, toute l'eau s'évapore et le résidu sec après dessiccation constitue la matière sèche.

La teneur en matière sèche est calculée par la relation suivante :

$$\% MS = \frac{Y}{X} \times 100$$

Où :

Y : Poids de l'échantillon après dessiccation.

X : Poids de l'échantillon humide.

#### 4.3.2.2. Détermination des matières minérales (MM)

Lorsque l'échantillon est soumis à une incinération, la matière organique est consommée, et la matière résiduelle représente le poids des minéraux (cendres) dans les échantillons.

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

Où :

B : Poids des cendres.

A : Poids de l'échantillon.

MS : Teneur en matière sèche (%).

#### 4.3.2.3. Détermination de la matière organique

La teneur en matière organique est déduite par la différence entre la matière sèche (MS) et les matières minérales (MM).

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

#### 4.3.2.4. Détermination de la cellulose brute

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE. Le principe consiste à doser les résidus cellulosiques obtenus après une double hydrolyse acide et alcaline.

La teneur en cellulose brute est déterminée par la relation suivante :

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

Où :

A : Poids du creuset + résidus après dessiccation.

B : Poids du creuset + résidus après incinération.

C : Poids de l'échantillon de départ.

#### 4.3.2.5. Détermination des matières azotées totales

L'azote total est dosé par la méthode de Kjeldhal. L'azote organique de l'aliment est minéralisé par l'acide sulfurique concentré à chaud en présence d'un catalyseur approprié. L'azote ammoniacal formé est déplacé par une base forte et dosé dans une solution titrée d'acide borique (Lecoq, 1965).

La teneur en matières azotées totales est calculée par la formule suivante :

1ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1N) —————> 0.014g d'N.

1ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N/20) —————> 0.0007g d'N.

$$Ng = A \times 0.0007 \times \frac{100}{B} \times \frac{200}{C}$$

Où :

A : Descente de burette (ml).

B : Poids de l'échantillon de départ (g).

C : Volume de la prise d'essai.

**Teneur en MAT en % de MS = Ng × 6.25**

#### 4.3.2.6. Détermination des matières grasses

Les matières grasses des aliments peuvent être obtenues par extraction directe au moyen d'un solvant à l'aide d'un extracteur soxhlet.



**Figure 7** : Extraction de la Matière grasse par le Soxhlet

La teneur en matières grasses est calculée par la formule suivante :

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

Où :

A : poids du ballon + résidu après étuve.

B : poids du ballon vide.

C : poids de la prise d'essai.

#### **4.4. Calculs de la valeur nutritive (INRA, 2007)**

##### **4.4.1. Equations de prévision de la valeur énergétique**

La valeur nutritive des espèces fourragères herbacées inventoriées (valeur énergétique et valeur azotée) sont estimée à partir de la composition chimique, à l'aide des équations de **Vermorel (1988)**, **Vérité et Peyraud (1988)**, **Guerin et al., (1989)**, **Richard et al., (1990)** et **Baumont et al., (2010)**. Pour la valeur énergétique, la démarche a consisté essentiellement à estimer la DMO. Les  $UF_L$  et  $UF_V$  ont été calculées de façon séquentielle à partir des estimations de l'énergie brute (EB), de l'énergie digestible (ED) et de l'énergie métabolisable (EM) . les formules de prédiction sont prises de la publication de **Zirmi et Kadi ., (2016)**.

- **EB (kcal/kg de MO) = 4516 + 1,646 MAT + 70 (Richard et al 1990)**
- **ED = EB × dE/100 (dE =digestibilité de l'énergie brute EB en %) (Vermorel 1988)**
- **dE =1,055 dMO - 6,833 (dMO en %) (Richard et al 1990)**
- **dMO (%MO) = 900(MAT/MO) 2 + 45,1 (MAT et MO en % MS) (Guerin et al 1989)**
- **EM/ED = 0,8682-0,099 CB/MO-0,196 MAT/MO (CB, MO et MAT en % MS) ; (Vermorel 1988)**
- **q=EM/EB (Vermorel 1988)**
- **kl = 0,4632+0,24 q ; km= 0,287q+0,554 ; kf= 0,78q+0,006 ; kmf = km × kf × 1,5 / kf+0,5km (Vermorel 1988)**
- **UF<sub>L</sub> = EM ×kl /1 700 (1 700 kcal/kg MS=ENL d'1kg d'orge de référence) (Vermorel 1988)**
- **UF<sub>V</sub> = EM ×kmf/1 820 (1 820 kcal/kg MS=ENV d'1kg d'orge de référence) (Vermorel 1988)**

#### 4.4.2. Equations de prévision de la valeur azotée

Le calcul de la valeur azotée d'un fourrage (PDI) nécessite de connaître, outre sa teneur en MAT et sa dMO, la dégradabilité théorique de ses matières azotées dans le rumen (DT) et la digestibilité réelle des protéines dans l'intestin (dr) (**Kadi et Zermi., 2016**).

Chaque aliment possède deux valeurs :

- PDIN : qui représente la valeur PDI, s'il est inclus dans une ration déficitaire en azote dégradable ; PDIN=PDIA+PDIMN

- PDIE : qui représente la valeur PDI s'il est inclus dans une ration déficitaire en énergie fermentescible ; PDIE =PDIA+PDIME.

- **PDIA= 1,11 × MAT × (1-DT) × dr ; pour les fourrages verts DT = 0,73 et dr =0,75 (Vérité et Peyraud 1988)**
- **PDIMN= 0,64 × MAT × (DT - 0,10) (Vérité et Peyraud 1988)**
- **PDIME = 0,093 × MOF (Vérité et Peyraud 1988)**

- **MOF = MO × dMO-MAT × (1-DT) (Vérité et Peyraud 1988)**

#### **4.4.3. 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.

La teneur de l'Armoise blanche en parois n'a pas été déterminée par manque de produits et d'appareillage. De ce fait les valeurs d'ADF sont tirées des données bibliographiques afin de pouvoir estimer l'énergie digestible lapin.

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

Où :

MAT : matières azotées totales(en %).

EE : extrait étheré(en %).

MX : minéraux totaux(en %).

ADF : fibres à détergent acide(en %).

#### **4.5. Analyses statistiques**

Les résultats des analyses ont été traités par EXCEL en vue des calculs de la moyenne et de l'écart type.

### 5.1. Composition chimique

La composition chimique de l'*Artemisia herba alba* est donné dans le tableau 7.

**Tableau 7 : Composition chimique de l'*Artemisia herba alba***

MS %	Constituants chimiques (% de la MS)						(% de la MO)	
	MO	MM	CB	MAT	MG	ADF*	CB <sub>o</sub>	MAT <sub>o</sub>
59,2	91,31	8,69	41,27	7,82	4,54	25,83(1)	45.2	8,56
			±0,49	±0,47	±0,19		±0,49	±0,47

(1) : Kadi et Zirmi, (2016).

#### 5.1.1. Teneurs en matière sèche (MS)

L'Armoise blanche possède une teneur en MS de 59,2 %.

Les résultats montrent que la teneur en matière sèche de l'armoise blanche est supérieure à celle trouvée par **Houmani et al, (2004)** pour la même espèce et la même région de récolte avec 52,9 % de MS.

En outre, les résultats de **Gidenne et al, (2012)**, sur luzerne en vert, montre une teneur en MS qui varie entre 19 et 26 %. Alors que **Chibani et al, (2010)** rapportent qu'un séchage améliore significativement la teneur en MS. En effet selon les mêmes auteurs la luzerne déshydratée et la luzerne en foin possèdent des teneurs en matière sèche plus élevées que celle de la luzerne verte l'*Artemisia herba alba* étudiée, avec 88,5 et 91,2 % de MS respectivement. La teneur en MS de l'échantillon étudié est faible comparativement à celle d'un foin.

Nous constatons aussi que les teneurs en matière sèche obtenus dans notre essai sont inférieures à celles de **Kadi et Zirmi, (2016)** pour l'*Artemisia campestris* et l'*Artemisia herba alba* en stade fruit avec un taux de matière sèche qui varie entre 91 à 93% de MS.

Ces différences sont probablement dues aux développements de la plante d'un stade végétatif à un autre ainsi qu'à la saison de récolte.



### 5.1.2. Teneurs en matière organique (MO)

L'armoise blanche possède une teneur élevée en MO, elle est de 91,31 % de MS.

**Houmani et al, (2004)**, enregistrent une valeur de matière organique de 92,5% de la MS, pour la même espèce, cette teneur est proche à celle de notre échantillon étudié.

Les résultats de **Kadi et Zirmi, (2016)**, montrent que la teneur en matière organique évolue d'un stade végétatif à un autre, elle est comparable à nos résultats avec un taux de 91,7% de MS, au stade débourrement jusqu'au 93,5 % de MS, au stade fruit, pour la même espèce.

La teneur en matière organique obtenue dans notre essai, est comparable à celles des plantes tropicales, en effet (**Nogueria-Filho et al, 2002**), annoncent des valeurs qui varient entre 91.5% à 95.5% de MS.

**Duru (1992)**, rapporte que la teneur en matière organique change en fonction de l'absorption minérale de la plante et que celle-ci, régresse le long de son cycle de développement pour s'arrêter complètement en fin de cycle.

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

La teneur de l'armoise blanche en matières minérales est de 8,69 % de MS. Elle évolue dans un sens opposé à celle de la matière organique.

De nombreux auteurs tels que **Houmani et al, (2004)**, **Kadi et Zirmi, (2016)**, ont enregistré des résultats plus ou moins proches des nôtres de la teneur en matière minérale pour la même espèce en région steppique (Djelfa et Boussaâda), elle varie entre 7,5 et 8% de MS.

En outre les résultats de **Kadi et Zirmi, (2016)**, montrent qu'au sein de genres différents de plantes steppiques, la teneur en matière minérale peut être remarquablement différente. En effet celle de l'*Atriplex halimus* au sud est Algérien, mi-Mars est très élevée comparativement à celle d'*Artemesia herba alba*, elle est plus de 21,5% de MS vs 8 %.

Nos résultats restent inférieurs à celles de **Chibani et al, (2010)** pour la luzerne déshydratée et la luzerne en foin avec des teneurs respectives en matière minérale de 10,5 et 10,7% de MS.

Les teneurs en éléments minéraux d'une plante dépendent à la fois des réserves du sol, de la disponibilité de chaque élément vis-à-vis de la plante et de la capacité de la captation racinaires vers les organes aériens de la plante (**Riviere, 1978, et Jarrige et al., 1995**).

Ainsi **Bruch et Jones (1978)**, ont noté une relation étroite qui existe entre la quantité d'eau et d'éléments minéraux absorbés par la plante avec la longueur et l'importance de son système racinaire par unité de volume de sol.

#### 5.1.4. Teneurs en cellulose brute (CB)

La teneur en cellulose brute de l'*Artimesia herba alba* est de 41,27 % de MS. **Houmani et al (2004)**, ont noté une teneur en cellulose brute légèrement inférieure aux nôtres. Avec une teneur de 31,9% de MS. En effet, **Kadi et Zirmi, (2016)**, ont annoncé chez la même espèce étudiée en régions steppiques, et en stade fruit qu'elle possède une teneur proche de celle de l'Armoise blanche étudiée, elle est de 40,1% de MS.

**Kadi et Zirmi, (2016)**, remarquent que la teneur en cellulose dépend du stade végétatif de la plante. Ils ont enregistré des valeurs inférieures aux nôtres chez l'*Artimesia campestris*, elle varie de 38,6% de MS au stade floraison, à 25% de MS au stade fruit.

La teneur en cellulose brute de la luzerne en vert varie entre 26 et 34 % de la MS (**Gidenne et al. 2012**). Ceux de **Chibani et al, (2010)**, montrent que ces teneurs chez la luzerne déshydratée et la luzerne en foin sont inférieures à celle de l'*Artimesia herba alba*, elles varient de 25,5 et 33,6 % de MS.

La teneur élevée en cellulose fait que l'armoïse peut être incorporée partiellement dans l'alimentation du lapin. En effet les besoins alimentaires du lapin en cellulose brute varient entre 14 et 15% (**Lebas et al., 1996, Lebas., 2004**).

De nombreux auteurs notamment **Gailar (1974)**, **Andreu et Weissse (1981)**, **Dermaquilly et Andrieu (1987)**, et **Soltner (1999)**, rapportent que la cellulose brute

évolue avec l'âge de la plante et elle croît d'une façon linéaire importante et régulière depuis la première phase jusqu'à la fin du cycle de développement.

Selon **Dermaquilly et Adrieu (1988)**, l'effet des conditions climatiques sur la variation de la teneur en parois est renforcé par la sécheresse. Lorsque la température et l'intensité lumineuse deviennent très importantes, la plante aura tendance à développer des tiges plus que des feuilles.

### 5.1.5. Teneur en matières azotées totales (MAT)

L'armoise blanche possède une teneur en matières azotées totales de 7,82 % de MS.

Les teneurs en matières azotées totales pour la même espèce étudiée enregistrées par **Houmani et al, (2004)**, de 12,1 % de MS, par **Ayad (2014)** de 11,46 % de MS, et par **Kadi et Zirmi, (2016)**, elle diminue de 20,5 % de MS en stade débourrement jusqu'au 15,7% de MS en stade fruit. Ces valeurs sont supérieures aux nôtres.

En outre, **Kadi et Zirmi, (2016)**, rapportent que quelques espèces des régions steppiques tels que l'*Artimesia campestris* en stade débourrement, *Atriplex canescens* en hiver, possèdent des teneurs en matières azotées totales élevées comparativement à la nôtre, elles varient entre 13,8 et 20,1 % de MS.

**Gidene et al., 2012** ayant travaillé sur la luzerne en vert trouvent des teneurs qui varient entre 17 et 24 %. **Chibani et al (2010)**, rapportent que la luzerne déshydratée et la luzerne foin possèdent des teneurs en matières azotées totales fortement élevées à celle de l'armoise blanche étudiée, elles sont de 16,8 et 20,7 % de MS.

Selon **Lemaire et Alliand (1993)**, les différences d'azote trouvent leurs explications par une évolution différente du rapport feuilles / tiges, sachant que l'azote est particulièrement concentré dans les feuilles.

Ainsi **Lemaire et Gastel (1997)**, et **lemaire (2006)**, confirment que l'accumulation de l'azote dans les parties aériennes est proportionnelle à l'expansion de l'indice foliaire de la plante.

### 5.1.6. Teneurs en matières grasses (MG)

L'Armoise blanche possède une teneur en matières grasses de 4,54 % de MS.

Cependant nos résultats restent inférieurs à ceux trouvés par **Houmani et al, (2004)** pour la même espèce, avec une teneur en matières grasses de 9 % de MS.

Ainsi, les résultats de **Kadi et Zirmi, (2016)**, montrent que l'*Atriplex halimus* prélevé en région steppique possède une teneur en matières grasses inférieure à celle de l'Armoise blanche étudiée, elle est de 1,86 % de MS.

Cette teneur en matière grasse font de l'Armoise blanche une matière potentielle en alimentation animale où la teneur tolérée aussi bien chez les ruminants que les monogastriques ne doit pas dépasser les 4% (**INRA.1988 ; 1989**). L'apport journalier recommandé pour un lapin en croissance est compris entre 2 à 4% (**Lebas, 2004**).

## 5.2. Valeurs nutritive

Les valeurs énergétiques et azotées de l'*Artimesia herba alba* sont groupés dans le tableau 8.

**Tableau 8 : Valeur nutritive de l'*Artimesia herba alba*.**

Énergie (kcal d'ED/kg)	Valeurs énergétiques (/kg de MS)		Valeurs azotées (g/kg de MS)	
	UF <sub>L</sub>	UF <sub>V</sub>	PDIN	PDIE
ED lap	UF <sub>L</sub>	UF <sub>V</sub>	PDIN	PDIE
1631	0,59	0,46	55	36,41

### 5.2.1. Valeurs énergétiques

Les valeurs énergétiques fourragères de l'Armoise blanche sont considérées comme des teneurs moyennes, elles sont de l'ordre de 0,59 UF<sub>L</sub> et 0,46 UF<sub>V</sub>.

Nos résultats comparés à ceux de **Houmani et al, (2004)**, sont inférieures en unité fourragère lait, soit 0,70 UF<sub>L</sub> vs 0,59 UF<sub>L</sub>, et supérieures en unité fourragère viande soit 0,36 UF<sub>V</sub> vs 0,46 par kg de MS pour l'armoise blanche.

En outre, les résultats de **Kadi et Zirmi, (2016)**, montrent que l'*Artemisia compestris* de la même région de récolte (Djelfa) possède des valeurs énergétiques de l'ordre de 0,74 UF<sub>L</sub> et 0,64 UF<sub>V</sub>, supérieures à nos résultats.

L'armoise est moins riche en unité fourragère que la luzerne déshydratée 0,68 UF<sub>L</sub> et 0,58 UF<sub>V</sub>, et qu'un foin de luzerne 0,75 UF<sub>L</sub> et 0,66 UF<sub>V</sub> (**Chibani et al, 2010**).

On constate aussi que l'Armoise blanche s'avère moins énergétique comparativement à celles rapportées par **Jarrige (1988)**, pour la luzerne, les UFL varient entre 0.88 – 0.69 /kg MS.

### 5.2.2. Valeurs azotées

Selon **Julier et Huyghe (2010)**, la valeur protéique d'un fourrage est déterminée par la teneur globale en azote, la dégradabilité ruminale de cet azote et l'énergie fournie par ce fourrage.

L'Armoise blanche ramène des valeurs azotées moyenne elles sont de l'ordre de 55g/kg de MS de PDIN, et 36,41g/kg de MS de PDIE.

Nos résultats restent inférieurs à ceux de **Houmani et al, (2004)**, et **Kadi et Zirmi, (2016)** pour la même espèce avec 70,5g/kg de MS de PDIN, et 66,9g/kg de MS de PDIN, et d'autres espèces d'*Artemisia* tels que l'*Artemisia compestris* avec 73g/kg de MS de PDIN, et 72g/kg de MS de PDIE.

La valeur azotée de l'Armoise blanche est également faible comparativement au résultat de **Jarrige, (1988)**, pour la luzerne (122 g/kg de MS).

Selon **Jarrige, (1984)** et **Dermaquilly et al., (1981)**, la teneur en PDIN d'un fourrage dépend de sa teneur en matières azotées totales, ce qui confirme notre résultats.

### 5.2.3. Teneurs en énergie digestible lapin

L'Armoise blanche possède une teneur en énergie digestible de 1631 kcal d'ED/kg de MS.

Cependant nos résultats pour l'énergie digestible lapin de l'armoise blanche restent inférieurs à celles trouvés par **Gidenne et al, (2012)**, pour la luzerne (*Medicago sativa*), elle varie entre 1700 à 2100 kcal d'ED/kg.

**Selon Lebas (1989)**, le système énergétique employé chez le lapin, est exprimé en énergie digestible (ED). Selon le même auteur, l'énergie métabolisable représente (94 à 96%) de l'énergie digestible.

**Parigi-Binil et Xiccato (1986)**, ont estimé le besoin d'entretien quotidien d'énergie digestible d'un lapin à 484 kJ/kg de poids métabolisable.

Dans l'alimentation, l'énergie est essentiellement fournie par les glucides, les lipides et quelques fois par les protéines après désamination. Pour cela le dosage des lipides est nécessaire pour le calcul de l'énergie digestible. Un besoin strict en énergie n'a pas pu être déterminé ; toutefois, **Lebas et al., (1996)**, ont montré que l'ingestion n'est correctement régulière qu'entre 2200 et 3200 kcal ED/kg d'aliment (

Cette valeur de l'énergie digestible lapin apportée par l'armoise blanche est supérieure aux recommandations des besoins de lapin en énergie digestible citées par **INRA (1989)**, elle est de 1500 kcal d'ED/kg.

Selon **INRA (1989)**, pour des concentrations énergétiques supérieurs à 2200 kcal d'ED/kg d'aliment, les lapins en engraissement ajustent leur consommation de matière sèche de telle sorte que l'ingéré énergétique se maintient à un niveau globale sensiblement constant.

### 5.3. Rendement en huile essentielle

L'objectif initial de cette partie est de déterminer le rendement en huile essentielle de l'Armoise blanche. Cette étape est nécessaire pour caractériser et quantifier les facteurs antinutritionnels contenus dans l'armoise.

L'huile essentielle de l'Armoise blanche a été extraite par hydro-distillation à partir de la partie aérienne de la plante, séchée au préalable dans un endroit bien aéré et à l'ombre.

Le rendement en huile essentielle de l'Armoise blanche est de 0,43%, cette valeur est inférieure à celle trouvée par **Goudil (2015)** pour la même espèce et la même région de récolte en stade floraison, elle est de 0,54%.

Nous constatons aussi que nos résultats restent inférieurs à celle de **Keffach (2014)** pour la même espèce récoltée de la région de Ferdjioua de la wilaya de Mila en mois de Novembre, avec un rendement de 1,42%. Et même pour la région de Biskra, **Bezza et al., (2010)**, ont enregistré une valeur inférieure à celle trouvée dans notre essai pour la même espèce avec un rendement de 0,95%.

**Ghanmi et al., (2010)**, et **Akrout., (2004)**, ayant travaillé sur l'Armoise du Maroc et de la Tunisie, ont enregistré des rendements plus élevés que celui obtenu dans notre essai, ils sont de 0,86% et 0,65% successivement.

Cette faiblesse de rendement peut-être due à la saison de récolte, rappelant que notre échantillon est prélevé au mois de Décembre ou en importance du système foliaire.

## Conclusion et recommandations

Le présent travail constitue une contribution à l'étude des caractéristiques nutritives de l'Armoise blanche (*Artemisia herba alba*), dans le but de le valoriser en alimentation animale.

Cette étude s'est caractérisée par des analyses fourragères, effectuées au laboratoire de zootechnie du département des biotechnologies à l'université de Blida -1-, en vue de la détermination de la valeur nutritive de la plante étudiée.

La composition chimique de la plante étudiée montre que l'Armoise blanche est riche en cellulose brute avec un taux de 41,27 % de MS, ce qui fait d'elle une plante qui répond au besoin des animaux dont les besoin en cellulose sont élevés. La teneur en MAT est de 7,82 % de MS, assez faible en le comparant à des fourrages cultivés. De ce fait, l'Armoise blanche est moins nutritive, comparativement à la luzerne qui se caractérise par un bon équilibre énergétique et azoté.

Compte tenu aux résultats obtenus, l'intégration de l'Armoise blanche est souhaitable dans la ration des ruminants à l'entretien ou en saison sèche et en période de disette. Alors que dans l'aliment granulé de lapin l'Armoise peut remplacer la luzerne déshydratée par son apport en fibre. Les faibles valeurs azotées de l'Armoise blanche imposent une complémentation d'un tourteau, ou d'explorer une source protéiques provenant des vers de farine (ténébrion meunier ; *Tenebrio molitor*) ou même à adjuver des enzymes capables de tirer profit le mieux de l'aliment composé. Chez les ruminants les traitements aux alcalis peuvent améliorer sa teneur azotée.

Ce travail peut permettre de proposer d'autres axes d'investigations, par l'intégration de l'Armoise blanche dans l'alimentation du lapin, à différents taux de substitution partielle ou totale à la luzerne déshydratée, dans le but de déterminer l'effet sur les performances zootechniques des animaux à différents états physiologiques.



**Références bibliographiques**

- ABBAS O.A., (2012).** Therapeutic effect of *Artemisia herba-alba* aqueous extract added to classical therapy of acquired hyperlipidemia. Iraqi Journal of community Medicine (4): 320-323.
- 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.
- ADESOGAN A.T., GIVENS D.I., OWEN E., (1998).** Prediction of the *in vitro* digestibility of whole crop wheat from in vitro digestibility, chemical composition, *in situ* rumen degradability, *in vitro* gas production and near infrared reflectance spectroscopy. Anim. Feed Sci. Technol. vol. 74: 259-272.
- AKROUT, A., (2004).** Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie). In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. p. 289-292 (Cahiers Options Méditerranéennes ; n. 62).
- AI-KHAZRADJI S.M., Al-ShAMAONY, L.A., TWAJJ, H.A.A. (1993).** Hypoglycaemic effect of *Artemisia herba alba*. I. Effect of different parts and influence of the solvent on hypoglycaemic activity. Journal of Ethnopharmacology 40 : 163-166.
- ALIBES X., TISSERAND J.L., (1990).** Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Options Méditerranéennes: Serie B Etudes et recherche. CIHEAM., 4:152.
- ANDRIEU, J., WISSE, R.H., (1981).** Préviation de la digestibilité et de a valeurs énergétique des fourrages verts graminées et légumineuses. In C DERMAQUILLY (ed). Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de préviation de la valeur alimentaire des fourrages, P 61-79.
- ANDRIEU J., BAUMONT R., (2000).** Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrage : facteurs de variations et préviation. Revue fourrage n° 163. Ed AFFP, p 316-327.
- AOUADHI S., (2010).** Atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle. Étude de 57 plantes recommandées par les herboristes. Mémoire de magistère : Toxicologie. TUNIS.
- AUFRERE, J., (1982).** Etude de la préviation de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. Ann. Zootech., 31, p 111-130.
- 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. Melle Gontrode, (Belgique).

- AUFRERE J. GUERIN H., (1996).** Critical review of chemical and enzymatic methods for the estimation of nutritive value in roughagus. *Annales de Zootechnie.* 45, 21-38.
- ARROUR M., (1991).** Contribution à l'étude de la dynamique phytomasse des pâturages steppiques dans la région de Djelfa , Mémoire d'ingénieur en agronomie. USB 80P.
- AYAD N., HELLAL B., HELLAL, T., RAHMANI A. et BENSMIRA Z., (2014).** Qualités nutritionnelles de l'armoise blanche des parcours steppiques du sud de la préfecture de Tlemcen. *Revue Ecologie-Environnement* (10) ; Pp. 71-74.
- BABA AISSA F., (2000).** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb.
- BARBER G.D., GIVENS D.I., KRIDIS M.S., OFFER N.W., MURRAY I., (1990).** Prediction of the organic matter digestibility of grass silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* vol. 28: 115-128.
- BAUMONT R., DULPHY J.P., SAUVANT D., MESHY F., AUFRERE J. PEYRAUD J.L. (2010).** Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision. IN Agabriel J 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Eds INRA.
- BAUMONT, R., CHAMPICHAUX, 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.
- BEZZA, L., MANNARIO, A., FATTARSIK, K., MICAÏL, C., ABOU, L., HADJE-MINAGLOU, F., (2010).** Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie) : *Phytothérapie* : Volume 8, Issue 5. Pp 277-281.
- BOUBKER, S., MEFTI-KORTOBY, H., HOUMANI, M., (2017).** Utilisation de la spectroscopie dans le proche infrarouge pour prédire la composition chimique et la digestibilité des fourrages. *Journée sur les substances naturelles pour un développement durable.* 18 Avril 2017. Université Saad DAHLEB- Blidal.
- BAUMONT, J. AUFRERE, F. MESHY, F., 2009.** Fourrages 198, 153-173.
- BELAKHDER J., (1997).** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ed. Ibis press, Rabat, 764 p.
- BENJILALI B., RICHARD H. (1980).** Etude de quelques peuplements d'armoise blanche du Maroc (*Artemisia herba alba*). *Rivista Italiana E.P.P.O.S.* 62 : 69-74.
- BENJILALI B., SARRIS J., RICHARD H., (1984).** Science des aliments d'armoise lanche. *Sci. Aliment.* 2.(1982) 515.
- BEN SALEM F., OULED BELGACEM A., RACHED Z., MARS M ., NEFFATI M.(2006).** Effet de la densité de la plantation sur la phytomasse et le rendement en huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* Asso .Résumé p179.SIPAM 2006.Jerba Tunisia
- BERCHICHE M., (1985).** Valorisation de protéine de la féverole par le lapin en croissance. Thèse de Doctorat de l'INP de Toulouse. 195P.

- BOUDJELAL A., (2013).** Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (*Ajugaiva*, *Artemisia herba alba* et *Marrubiumvulgare*) de la région de M'Sila, Algérie. Thèse doctorat : Biochimie.
- BOULDJADJ R. (2009).** Étude de l'effet antidiabétique et antioxydant de l'extrait aqueux lyophilisé d'*Artemisia herba alba* Asso. Chez des rats sains et des rats rendus diabétiques par streptozotocine. Mémoire de Magister en Biologie Cellulaire et Moléculaire. Université des frères Mentouri, Constantine, pp. 31-32.
- BOULLARD B., (2001).** Plantes médicinales du monde. Réalités et croyances Dictionnaire. Edition ESTEM. Pp. 129-131.
- BOUZIDI N., (2001).** Essai d'intégration des données de l'inventaire écologique et pastoral dans une base de données en zone semi-aride du Nord-Ouest de l'Algérie. Cas de la région de Saida. Mémoire de Magister. Universitaire de Mascara.
- BLUM J. C., (1984).** L'alimentation des animaux monogastriques, porc, lapin, volaille. Ed.IN'RA. Paris -282 p.
- BLUM J.C., (1989).** L'alimentation des animaux monogastriques, porc, lapin, volaille. 2 éme Ed INRA. Paris :. 282 p.
- CHIBANI C., CHABAKA R., BOULBERHANE. D., (2010).** Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Département de Zootechnie, 16200, El Harrach, Alger,
- DACCRO et ARRIGO., (2001).** Teneur en constituants pariétaux. Revue suisse d'agriculture. Vol 33. N°2. P 73-80.
- DACCORD R., (2005).** Digestion chez les ruminants et digestibilité des fourrages. *ant. Agroscop ALP, 1725 posieux.*
- DEAVILLE E.R., FLINN P.C., (2000).** Near-infrared (NIR) spectroscopy: an alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. In: Forage evaluation in ruminant nutrition. Ed. Civens D.I., Owen E., Oxford R.F.E., Omed H.M. 301-320 p.
- DERMAQUILLY 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.
- DERMAQUILLY, C., (1970).** Valeur alimentaire des fourrages. Revue Fourrages, N°42 : 46-56.
- DEMARQUILLY, C., WEISS, P., (1970).** Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. INRA SEI étude n°42. INRA Versailles.
- 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.

- DERMAQUILLY C., ANDRIEU, J., (1987).** Prévion de la valeur alimentaire des fourrages secs au laboratoire. In C DERMAQUILLY (ed). Les fourrages secs : Récolte, traitement, utilisation. INRA publication. P 271-272.
- DERMAQUILLY C., (1988).** Les fourrages In : Alimentation des bovins, ovins et caprins, ouvrage collectif INRA. 174. Rue de l'université, 75005, Paris. P 471.
- DERMAQUILLY C., ANDRIEU J., (1988).** Les fourrages en alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Edition, Paris. P. 315-335.
- DEMARQUILLY, C., DULPHY, J. P. et ANDRIEU, J. P., (1998).** Valeur nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation : foin, ensilage, enrubannage. Revue Fourrages n° 158. Ed AFPP. p 349-369.
- DURU., (1992).** Diagnostic de la nutrition minérale des prairies permanentes au printemps, établissement de références agronomiques 12. Pp 219-233, INRA France.
- EL RHAFFARI, L. (2008).** Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes, l'organisation non gouvernementale italienne (MOVIMONDO), p 11.
- FENARDJI F., KLUR M., FOURLON C., FERRANDO R.. (1974).** White Artemisia (*Artemisia herba-alba* L.). Rev Elev Med Vet Pays Trop.; 27(2):203-6
- FERCHICHI A., CHAIEB C., FERJANI J.,(2002).** Caractérisation de la variabilité du comportement phycologique de certaines populations d'*Artemisia herba alba* Asso du sud Tunisien.
- FIELDING D., (1993).**Le lapin. Paris: Edition Maisonneuve et Larose.-143p.
- FRANCIS J., (2001).** Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne. Ed RobertLaffont ISBN2-221-09 207-4.
- GAILAR B., (1974).** Valeurs alimentaire des fourrages d'hiver. Ed. I.R.A, Alger.
- GETACHEW, G., ROBINSON, P.H., DEPETERS. E.J., TAYLOR, S.J. (2004).** Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. Animal feed science and technology 111: 57-71.
- GHANMI M., SATRANI B., AAFI A., ISMAIL M.R., HOUTI H., EL MOUNFALOUTI H., BEN CHEKROUN K.H., ABERCHANE M., HARKI L., BOUKIR A., CHAOUCH A., CHARROUF Z., (2010).** Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'Armoise blanche (*Artimesia herba alba*) dans la région de Guerçif (Maroc oriental). Rev. Phytothérapie 8 295-301 Pp.
- GHARBI Z., AI-ROWAILY S.L.R., (2005).** A guide to medicinal plants in North Africa. Produced by: International Union for conservation of Nature and Natural Resource
- GIDENNE T., (2001).** Besoins en fibres et sécurité digestive du lapin en croissance. *Cuniculture*, 157-28 (1) : 7-9.

**GIDENNE T., (2012).** Alimentation du lapin en élevage biologique-développer une production cunicole. Programme CASDAR RFI, lapin Bio. P04.

**GOUDIL, M B., (2015).** Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydant des trois plantes aromatiques. Thèse de Doctorat. Sciences appliqués, Génie de procédés et environnement. Université KASDI Mesbah-Ouergla.

**GRAVIER., SYLVERION.** (2002). Plantes aromatiques médicinales, Rev. Aromathérapie-Paris.

**GSEYRA N., (2011).** Étude Phytochimiques de Deux Espèces Pastorales. Ed. EUE,

**GUEMMOUR., (2011).** Adaptation des systèmes d'élevage des animaux domestiques aux conditions climatiques et socio-économiques des zones semi-arides : Cas de l'élevage cunicole de la région de Tiaret. Thèse de Doctorat.

**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.

**HAMZA N., (2011).** Effets préventif et curatif de trois plantes médicinales utilisées dans la Wilaya de Constantine pour le traitement du diabète de type 2 expérimental induit par le régime « high fat » chez la souris C57BL/6J. Thèse de doctorat en science alimentaire. Université des frères Mentouri, Constantine, pp. 62-63.

**HATIMI S., BOUDOUMA M., BECHICHI M., CHAIB N., GEUSSOU S., IDRISSE N., (2000).** Evaluation *in vitro* de l'activité anti leishmanienne d'*Artemisia herba alba* Asso. Manuscrit n°2162(thérapeutique).

**HELBERT V., (1990).** Les propriétés cosmétologiques des huiles essentielles. Rapport Robert, 77 p.

**HENNI M., CHAIB M., MILOUDI S., (2006).**L'absorption des micropolluants métalliques (Zn, Cu) pour l'armoise blanche .1<sup>er</sup> séminaire international sur la désertification et la désertisation du 12 au 14 juin 2006. « recueil des résumés ».

**HOUMANI Z., AZZOU DJ S., NAXAKIS G., a SKOULA M., (2000).**Herbs spices and medicinal plants. Vol n°9.

**HOUMANI, M., HOUMANI, Z., SKOULA, M., (2004).** Intérêt d'*Artemisia herba alba* Asso dans l'alimentation du bétail des steppes algériennes. Acta Botanica Gallica : Botany letters, 151 ;2, 165-172, DOI : 10.1080/12538078. 2004. 10516031.

**HOUMANI Z., SKOULA M., (2006).**Comparaison des profils chimiques des huiles essentielles d'espèce d'*Artemisia* spontanée en Algérie. SIPAM 2006 thème C.

**HORNICK et al., (2003).** Nutrition spéciale des ruminants. Service de nutrition animale, université de de liège.

- INRA, (1981).** Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants, CRZU. Theix INRA, P 580.
- INRA, (1988).** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed INRA, Paris, 471-476 p.
- INRA., (1989).** L'alimentation Des Animaux Monogastriques : Porc, Lapin, Volaille, Tables De Composition Des Matières Première, Ed INRA 1989, ISBN 2-7380-0139-4, 170pp, 282p.
- INRA., (1990).** Prévion de la valeur énergétique des aliments composés pour les ruminants P 181-188.
- INRA, (2007).** Alimentation des bovins, ovins et caprins : Besoins des animaux, valeur des aliments ; Edition Quais ,versailles , 310 p.
- IPNI., (2001).**The international plante name index.
- JARRIGE R., (1978).** Consommation d'aliments et d'eau. In : Alimentation des ruminants, R. JARRIGE (Ed), p 177-206.
- JARRIGE R., (1981).** Les constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage. In C DEMARQUILLY (Ed.) Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévion de la valeur alimentaire de fourrages, p 13.39.
- JARRIGE R., (1984).** Alimentation des bovins .Ed ITEB, p396.
- JARRIGE R., (1988).** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed.INRA. paris, 174-430.
- JARRIGE R., GRENET E., DERMAQUILLY C., BESLE J.M., (1995).** Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. In : JARRIGE, R et al., (eds), Nutrition des ruminants domestiques- ingestion et digestion. 25-81.Edition INRA, Paris.
- JEAN-BLAIN C., (2002).** Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Ed. Tec et Doc, Paris. 424p.
- JUDD G, CAMBELL A , KELLOG D.F , STEVENS S.R. (2002).**Botanique systématique .Une perspective phylogénique traduction et révision scientifique de la 1<sup>ère</sup> édition américaine. De boeck université s.a, 2002.
- JULIER B, HUYGHE C, (2010).** Quelles légumineuses fourragères (espèces et variétés), et quelles conduites pour améliorer l'autonomie protéique des élevages herbivores. Innovations agronomiques 11, 101-114.
- KADI S. A., (2012).** Alimentation Du Lapin De Chair : Valorisation De Sources De Fibres Disponible En Algérie, Thèse De Doctorat Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 143 P.
- KADI S. A. Zirmi-Zembri, N., (2016).** Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés. LRRD,2016.
- KAVISHANKAR G.B., LAKSHMIDEVI, N., MURTHY S. M., PARAKASH H.S, NIRANJANA S.R. (2011).** Diabetes and medicinal plants. International Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences 2 (3) : 65-80.

- KEFFACHE, A., (2014).** La cytotoxicité de certaines huiles essentielles chez les lapins. Mémoire de Master. Sciences biologique. Université Echahid HAMMA LEKHDER el Oued.
- LAZIZI M.,(2001).** Contribution à l'étude des évaluations saisonnière de la végétation dans une steppe d'armoise blanche (*Artimesia herba alba*). Cas de la station de OUEDSEDOUR). Wilaya de Djelfa. Mémoire d'ingénierat .CU Djelfa .83p.
- LAPEYRONIE A., (1982).** La production fourragère méditerranéenne. Ed. GP Maison Neuve et la rose Paris, 425p.
- LEBAS F., OUHAYOUN J., (1984).** Valeur d'usage du tourteau de chènevis dans l'alimentation du lapin en engraissement. ????
- LEBAS F., (1989).** Besoins nutritionnels des lapins. *Clini-Science*, 5 (2) : 1-24.
- LEBAS F., (1991).** Alimentation pratique des lapins en engraissement. Cuniculture, 102-18 (6):273-281.
- LEBAS F., COUDERT P., ROCHAMBEAU H., THEBAULT R.G., (1996).**Le lapin: Elevage et pathologie. F.A.O. Rome:
- LEBAS F., (2000).** Granulométrie des aliments composés et fonctionnement digestif du lapin INRA..*Prod. Anim*, 13 : 109-116.
- LEBAS F., (2004).** Recommandations pour la composition d'aliment destiné à des lapins en production intensive. Cuniculture magazine, volume 31, P2.
- LEBAS F., GOBY JP., (2005).** Valeurs nutritive de la luzerne déshydratée à basse température chez le lapin en croissance. Première approche. 11<sup>eme</sup> journée de la recherche cunicole, 29-30 Novembre, 2005. Paris, 201-204.
- 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, 27-30P.
- LECOQ R., (1965).** Manuel d'analyses alimentaires. Tome II. Ed Dion Paris, 1616-1621.
- LEMAIRE J., ALLAND J.M., (1993).** Relation entre croissance et qualité de la luzerne : interaction génotype. Mode exploitation. Fourrage.134 : 183-198.
- LEMAIRE J. GASTAL F., (1997).** Nuptake and distrubition in plant canopies. P 3-43. In G LEMAIRES (ed). Diagnosis of nitrogen status in corps Springer-Verlage, Berlin, Heidelberg, Germany.
- LEMAIRE J., (2006).** La luzerne : productivité et qualité. Dans : workshop international sur la diversité fabacées fourragères et leurs symbiotes, Applications biotechnologiques, agronomiques et environnementales. Alger. P 174-182.
- LUCIENNE (1980).** Plantes médicinales des régions tempérées moloise S.A, éditeur paris 180p.

- MC DONALD P., GREENHALCH J.F.D., EDWARDS, R.A., MORGAN C.A.,(1995).** Animal nutrition. 5 th Longmans, London.
- MEHREZ A.Z., ORSKOV E.R., (1977).**The use of a Dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. J. of Agri. Sci. vol. 88: 645-650.
- MENKE K.H., RAAB L., SALEWSKI A., STEINGASS H., F RITZ D., SHNEIDER W., (1979).** The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. J. of Agri. Sci. vol. 97: 217-222.
- MESSAI L., (2011).** Etude phytochimique d'une plante médicinale de l'est algérien (*Artemisia herba alba*). Thèse Doctorat : Chimie Organique. Université des frères Mentouri. Constantine : 104p.
- 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.
- MIGHRI H., HAJLAOUI H., AKROUT A., NAJAA H., NEFFATI M. (2010).** Antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia herba-alba* essential oil cultivated in Tunisian arid zone. Comptes Rendus Chimie 13: 380–386.
- MOUHAMED A.E.H., EI-SAYED M.A., HEGAZY M.E., HELALY S.E., ESMAIL A.M., MOUHAMED, N.S. (2010).** Chemical constituents and biological activities of *Artemisia herba-alba*. Records of Natural Products 4 (1) : 1-25.
- MOULOUD F.L., (2003).** Predicting feed quality chemical analysis and *in-vitro* evaluation. Field CropsResearch, 84, 31-44.
- NABLI M.(1989).** Essais de synthèse sur la végétation de la phyto-écologie Tunisienne. Tome I. Ed MAB (faculté des sciences de Tunisie). 186-186 pp.
- NAGADI M., HERRONO M., JESSOP N.S., (2000).** Effect of frequency of ovine ruminal sampling on microbial activity and substrate fermentation. The University of Edinburgh. West mains road. Edinburgh E 119 3 JG. UK.
- NEDJRAOUI D., BECHET G., (1982).** Valeurs énergétiques des principales espèces des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. Biocénoses PP 79-94.
- NEDJRAOUI D., (2002).** Les ressources pastorales en Algérie. Document FAQ.
- NEDJRAOUI D., (2003).** Profil fourrager PP 11-19.
- NOGUERIA FILHO J.C.M., FONDEVILA M., BARRIOS URDANETA A., GONZALEZ RONQUILLO M., (2000).** *In vitro* microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. Animal feed science and technology, 83, 145-157.
- NOURRIS K.H., BARNES R.F., MOORE J.E., SHENK J.S., (1976).** Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. J. Animal Sci, 43, 889-897.



- ORSKOV E.R., (2000).** The *in situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Ed. Givens D.I., Owen E., Axford R.F.E. and Omed H.M. 135-154p.
- PARIGI-BINI, XICCATO., (1986).** Utilizzazione dell' energia e' della proteina digeribile nel coniglio in accrescimento conigli coltura, 23 (4): 54-56.
- PEYRAUD J-L., DELABY, L., (1994).** Utilisation de la luzerne déshydratée de haute qualité dans les rations des vaches laitières. INRA. Prod. Anim., 7(2), 127-134.
- RENAULT, J-C., (2003).** La luzerne : culture-utilisation. Co édité par les GNIS, Aravalis-Institut du végétal et d'élevage.
- RICHARD D., GUERIN H., FRIOT D., MBAYE N., (1990).** Teneurs en énergies brutes et digestible des fourrages disponibles en zone tropicales. Revue Elev. Med. Vét. Pays trop. 43(2):225-231.
- RIVIERE R., (1978).** Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. 2eme édition. P 527.
- ROSSIET A., (2004).** Cuniculture : Conseils pratiques pour mieux maîtriser la conduite du troupeau en maternité. Afrique Agriculture, (327) : 38-47.
- SCHUBIGER F. X., LEHMANN J., DACCORD R., ARRIGO Y., JEANGROS B., SCEHOVIC J. (2002).** Détermination de la digestibilité des plantes fourragères, Revue Suisse Agric. 34 (1) : 13-16.
- SEDDIK S.A., Ali M.M., KHATER H.F. and El-SHORBAGY M.M. (2011).** Anthelmintic activity of the white wormwood, *Artemisia herba-alba* against *Heterakis gallinarum* infecting turkey poults. Journal of Medicinal Plants Research 5 (16) : 3946-3957.
- SEGHDI, H., (2017).** Étude de la phytmasse des formations végétales de l'Alfa (*Stipa tenacissima*) et de l'Armoise blanche (*Artemisia herba alba*) dans la région de Béline-Djelfa. Mémoire de Master en écologie et protection de l'environnement. Université YAHIA FARES Médéa.
- 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.
- SOLTNER D., (1986).** Alimentation des animaux domestiques. 17<sup>ème</sup> Ed. Collection Sciences et technique agricoles. P 399.
- SOLTNER D., (1999).** Les grandes productions végétales. 19<sup>ème</sup> Ed. Collection sciences et techniques agricoles. P 391-449.
- SOLTNER D., (2000).** Tables de calcul des rations. 25<sup>ème</sup> édition, collection scientifique et techniques agricoles.

**STEEN R.J.W., GORDAN F.J., DAWSON L.E.R., PARK R.S., MAYNE C.S., AGNEW R.E., KILPATRICK D.J., PORTER M.J., (1998).** Factors affecting the intake of grass silage by cattle and prediction of silage intake. *Anim. Sci.* vol. 66: 1127-1154.

**TILLEY J.M.A., TERRY R.A., (1963).** A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. British Grassland Society.* vol. 18: 104-111.

**TISSERAND, J. L., (1991).** Fourrages et sous-produits méditerranéens. Présentation des tables de La valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Option méditerranéenne. Série A n° 16, p 23-25.

**VAN SOEST P.G., WINE R.H., (1967).** USE of detergent analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. ASS. Off. Anal. Chem.* 50, 50-56.

**VERITE R., PEYAUD J L., (1988).** Nutrition azotée. *In* Jarrige R (Eds), Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, Ed. INRA, Paris, 75-93.

**VERMOL M. (1988).** Nutrition énergétique. *In* Jarrige R (Eds), Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, Ed. INRA, Paris, 55-74.

**ZAIM A., EL GHADRAOUI L., FARAH A. (2012).** Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba albas* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 34 (2) : 127-133.

**ZIRMI-ZEMBRI, N., KADI, S.A., (2016).** Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés. LRRD 2016.

## Tables des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>Chapitre I : Présentation de l'Armoise blanche (<i>Artimesia herba alba</i>)</b>	
1.1.Généralités.....	04
1.1.1. Classification botanique.....	04
1.1.2. Dénominations.....	05
1.1.3. Description morphologique.....	05
1.1.4. Habitat et répartition.....	06
1.2.Intégration de l'Armoise blanche dans l'alimentation des animaux.....	06
1.2.1. Valeur nutritive.....	06
1.2.2. Présence des facteurs antinutritionnels.....	08
1.3.L'huile essentielle de l'Armoise blanche.....	08
1.4.Intérêts de l'Armoise blanche.....	09
1.4.1. Intérêt médicinal et pharmaceutique.....	09
1.4.2. Intérêt alimentaire.....	09
1.4.3. Intérêt écologique.....	10
1.5.Toxicité.....	10
<b>Chapitre II : Valeur alimentaire des fourrages, facteurs de variation et méthodes de mesure</b>	
2.1.Généralités.....	12
2.1.1. Valeur nutritive des fourrages.....	12
2.1.2. Valeur énergétique.....	12
2.1.3. Valeur azotée.....	12
2.1.4. Ingestibilité.....	13
2.1.5. Digestibilité.....	13
2.2.Facteurs de variation de la valeur alimentaire.....	13
2.2.1. Facteurs intrinsèques.....	14
2.2.1.1.Variations en fonction de la famille botanique .....	14
2.2.1.2.Variations en fonction de l'âge et le stade de végétation .	14
2.2.2. Facteurs extrinsèques.....	15
2.2.2.1.Variations en fonction des conditions pédoclimatiques.....	15

2.2.2.2. Variations en fonction de mode de conservation.....	15
<b>2.3. Méthodes de mesure de la valeur alimentaire des fourrages .....</b>	<b>16</b>
2.3.1. Méthode chimique.....	16
2.3.2. Méthode enzymatique.....	16
2.3.3. Méthode de spectrophotométrie.....	17
2.3.4. Méthode de production de gaz.....	17
2.3.5. Méthode microbiologique.....	18
2.3.5.1. <i>In vivo</i> .....	18
2.3.5.2. <i>In vitro</i> .....	18
2.3.5.3. <i>In sacco</i> .....	18

## **Chapitre III : Alimentation du lapin.....21**

<b>3.1. Généralités.....</b>	<b>21</b>
3.1.1. Plantes utilisées en alimentation lapin.....	21
<b>3.2. Besoins du lapin.....</b>	<b>22</b>
3.2.1. Les besoins en eau.....	24
3.2.2. Les besoins en énergie.....	24
3.2.3. Les besoins en fibres.....	24
3.2.4. Les besoins en protéines et acides aminés .....	25
3.2.5. Les besoins en vitamines et en minéraux.....	26
3.2.6. Les besoins en matière grasse.....	26

### **Partie expérimentale**

## **Chapitre IV : Matériel et méthodes.....29**

<b>4.1. Objectif expérimentale.....</b>	<b>29</b>
4.1.1. Présentation de la zone de récolte.....	29
<b>4.2. Matériel végétal.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3. Méthodes.....</b>	<b>32</b>
4.3.1. Préparation des échantillons.....	32
<b>4.3.2. Méthodes d'analyses.....</b>	<b>32</b>
4.3.2.1. Détermination de la matière sèche.....	33
4.3.2.2. Détermination des matières minérales.....	34
4.3.2.3. Détermination des matières organique.....	34
4.3.2.4. Détermination de la cellulose brute.....	34
4.3.2.5. Détermination des matières azotées totales.....	35
4.3.2.6. Détermination des matières grasses.....	35
<b>4.4. Calculs de la valeur nutritive.....</b>	<b>36</b>
4.4.1. Equations de prévision de la valeur énergétique.....	36
4.4.2. Equations de prévision la valeur azotée.....	37
4.4.3. Equation de prévision de l'énergie digestible lapin.....	38
<b>4.5. Analyses statistiques.....</b>	<b>38</b>

## **Chapitre V : Résultat et discussion.....40**

<b>5.1. Composition chimique.....</b>	<b>40</b>
---------------------------------------	-----------

5.1.1. Teneur en matière sèche.....	40
5.1.2. Teneur en matière organique.....	41
5.1.3. Teneur en matière minérale.....	41
5.1.4. Teneur en cellulose brute.....	42
5.1.5. Teneur en matières azotées totales.....	43
5.1.6. Teneur en matières grasses.....	44
<b>5.2.Valeur nutritive.....</b>	<b>44</b>
5.2.1. Valeur énergétique.....	44
5.2.2. Valeur azotée.....	45
5.2.3. Teneur en énergie digestible lapin.....	46
<b>5.3.Rendement en huile essentielle.....</b>	<b>46</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>49</b>
<b>Références bibliographiques</b>	