



جامعة الشاذلي بن جديد  
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE  
ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة الشاذلي بن جديد  
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

Université Chadli Bendjedid El-Taref

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف

Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département Des Sciences Agronomiques

قسم العلوم الزراعية

*Projet De Fin D'étude Pour L'obtention Du Diplôme De Master en  
Sciences Agronomiques*

*Option : Développement durable de l'élevage*

Thème

*Etude comparative de la composition chimique  
de Sulla Hedysarum coronarium (Linné, 1753)  
au niveau de trois zones de l'Est Algérien*

Soutenu le 22.06.2016 par :

EL-HAMZA Taki Eddine

Né le : 09.05.1989

**Devant Jury :**

- **Présidente :** Mme. MEBIROUK-BOUDECHICHE. L (MCA) (Univ El-Taref)
- **Promotrice :** Mme. CHAKER-HOUD. K (MCA) (Univ El-Taref)
- **Examinatrice :** Mme. MAATALLAH. S (MAA) (Univ El-Taref)

**Année universitaire :**

**2015 / 2016**

## Sommaire

---

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Summary

ملخص

Liste Des Abréviations

Liste Des Tableaux

Liste Des Figures

Introduction ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Partie Bibliographique

1. Description De L'espèce *Hedysarum coronarium* (Sulla) :... **Erreur ! Signet non défini.**

1.1. Le Genre *Hedysarum* (Sulla) :..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.2. L'espèce *Hedysarum coronarium* L ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.3. Taxonomie :..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.4. Description botanique de *Hedysarum coronarium* L. .... **Erreur ! Signet non défini.**

1.6. Répartition Géographique, Ecologie Et Exigence :..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.6.1. Aperçu Historique :..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.6.2. Ecologie et exigence :..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.6.3. Répartition En Algérie Selon Certains Facteurs Du Milieu selon Abdelguerfi-Berrekia et *al.*, (1989): ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.7 Intérêt et importance de *Hedysarum coronarium* :..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.7.1. Potentiel fourrager :..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.7.2. Intérêts environnementaux :..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.7.3. Intérêt fourrager et agronomique :..... **Erreur ! Signet non défini.**

2. Généralité sur les fourrages :..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.1. Valeur alimentaire des fourrages :..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.2. Valeur nutritive des fourrages :..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.3. Digestibilité des fourrages :..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.4. La paroi cellulaire :..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.5. Les différentes ressources fourragères :..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.6. Les facteurs influençant la composition floristique ..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.6. 3. Fertilisation ..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.6.4. Mode d'exploitation .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Partie Expérimentale	
3. Matériel et méthodes .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.1. Objectif de l'étude .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2. Présentation des zones d'étude .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.1. La wilaya de Jijel .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.2. La wilaya de Mila .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.3. La wilaya d'El Tarf .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.3. Périodes et méthode de prélèvement de prélèvement .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.4. Détermination la matière sèche .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.5. La teneur en matière minérale .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.6. Détermination des protéines brutes totales .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.7. Détermination de la cellulose brute .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.8. Dosage de calcium .....	<b>Erreur ! Signet non défini.2</b>
3.9. Dosage de phosphore .....	<b>Erreur ! Signet non défini.2</b>
3.10. Analyse statistique .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4. Résultats et Discussion .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.1. Composition chimique de <i>Hedysarum coronarium</i> (Linné, 1753) au début de la floraison..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.1.1. La matière sèche (MS) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.1.2. La cellulose brute (CB) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.1.3. La matière minérale (MM) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.1.4. La matière organique (MO) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.1.5. La matière azotée totale (MAT) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.2. Teneur en éléments minéraux de Sulla au début de la floraison .	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.2.1. Teneur en phosphore de Sulla au début de la floraison .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.2.2. Teneur en calcium de Sulla au début de la floraison	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.3. Composition chimique du foin d' <i>H. coronarium</i> récolté vers la fin de la floraison .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.3.1. La matière sèche (MS) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.3.2. La cellulose brute (CB) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.3.3. La matière minérale (MM) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

4.3.4. La matière organique (MO) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.3.5. La matière azotée totale (MAT) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.4. Teneur en éléments minéraux du foin de Sulla .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.4.1. Teneur en phosphore du foin de Sulla .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.4.2. Teneur en calcium du foin de Sulla .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Conclusion .....	41
Références Bibliographiques	

## *Dédicaces*

---

*Louange à " ALLAH" Maître de l'Univers, et paix et salut sur notre prophète MOHAMED "صلى الله عليه و سلم"*

*A celui qui sont pour moi le symbole de la force, et qui m'ont encouragé dans ma vie face à toutes difficultés à mon très cher père et ma chère mère qu'ALLAH les protège.*

*A mes chers frères : Ramzi et Fares*

*A mes chères sœurs : Sana, Wided et Chahrazed*

*A ma chère sœur Hynd et son mari Nouredine*

*A mes cousins et mes cousines, mes oncles*

*A toute la famille EL-HAMZA*

*Dédicace spéciale pour « Eleulmi, Mounir, Walid, Redouane, Hamid, Yacine, Nadir, Wael, Minou, A.Nour»*

*A mes cher amis : Saif Djabbari, Issam Mahdi, Soufian, Saif. A, Hamza, Farid, Mohammed Bekirine, Tabei, Mourad, Hama...*

*A toute ma promotion 2ème année Master D.D.E*

*Je dois et j'adresse un remerciement tout particulier, avec toute mon amitié et ma reconnaissance à mes camarades des départements Vétérinaire et Biologie.*

## *Remerciement*

---

*Nous remercions Mme. MEBIROUK-BOUDECHICHE. L qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider notre jury.*

*Nous remercions également Mme. MAATALLAH. S qui a bien voulu accepter d'examiné ce travail.*

*Un grand merci à Mme. CHAKER-HOUD. K, qui nous a fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail.*

*Avant et après tout ; je remercie mon dieu qui ma aider et protéger durant le cycle d'étude.*

## Résumé

---

Les espèces annuelles spontanées des pâturages naturels, des jachères ainsi que des résidus des cultures jouent un rôle primordial dans l'alimentation des ruminants dans le monde entier et surtout en Algérie. Cette étude a pour objectifs de déterminer la composition chimique du Sulla du Nord *Hedysarum coronarium* L, qui on peut désigner parmi les principales ressources disponibles au pâturage dans le Nord-Est de l'Algérie. Pour réaliser cette étude, une série des prélèvements a été effectuée sur 3 parcelles qui ont été choisies au hasard dans 3 wilayas (Jijel, Mila et El-Taref).

Sulla en vert ou en foin présente une valeur nutritive intéressante et variable, mais, pour des animaux ayant des besoins élevés comme les bovins, une complémentation au pâturage est souhaitable, car l'herbe seule ne couvre pas la majorité des besoins. Cette étude pourra concourir à une connaissance et une meilleure prise en charge de l'élevage des ruminants dans la région Nord-Est de l'Algérie.

**Mots clés :** Alimentation, Nord-Est de l'Algérie, Sulla du Nord (*Hedysarum coronarium*), composition chimique.

## Summary

---

Spontaneous annual species of natural pastures, fallow and of crop residues play a critical role in ruminant feed worldwide and especially in Algeria. This study aims to determine the chemical composition of Sulla *Hedysarum coronarium* L North, which can be designated among the major resources available to pasture in the North East of Algeria. For this study, a series of samples was performed on three plots were randomly selected three wilayas (Jijel, Mila and El-taref).

Sulla green or hay has an interesting and variable nutritional value, but for animals with high needs such as cattle, pasture supplementation is desirable because the grass alone does not cover the majority of needs. This study will contribute to a better knowledge and management of ruminant livestock in the North East region of Algeria.

**Keywords:** Food, northeastern Algeria, North Sulla (*Hedysarum coronarium*), chemical composition.

الأنواع السنوية عفوية من المراعي الطبيعية، البور ومخلفات المحاصيل تلعب دورا حاسما في تغذية المجترات في جميع أنحاء العالم وخصوصا في الجزائر. وتهدف هذه الدراسة إلى تحديد التركيب الكيميائي للسلا الشمالية فويلة إكليلية، والتي يمكن اعتبارها من بين الموارد الرئيسية المتاحة للرعي في شمال شرق الجزائر. لهذا الغرض، تم إجراء سلسلة من العينات على ثلاث قطع تم اختيارهم بشكل عشوائي في ثلاث ولايات (جيجل، ميله والطارف).

السلا الخضراء أو القش لديها القيمة الغذائية للاهتمام ومتغيرة، ولكن للحيوانات ذات الاحتياجات العالية مثل الأبقار والمراعي مكملات أمر مرغوب فيه لأن العشب وحده لا يغطي معظم الاحتياجات. وسوف تسهم هذه الدراسة إلى معرفة أفضل وإدارة تربية الحيوانات المجترة في منطقة شمال شرق الجزائر.

**كلمات البحث:** الغذاء، شمال شرق الجزائر وشمال سولا (فويلة إكليلية)، والتركيب الكيميائي.

## *Liste Des Abréviations*

---

- T MS/ha : tonne de matière sèche par hectare ;
- MSech : échantillon pèse en sec ;
- MFech : échantillon pèse en frais ;
- MFrec/ m<sup>2</sup> : échantillon récolté par m<sup>2</sup> ;
- AFNOR : association française de normalisation ;
- MM : matière minérale ;
- MS : matière sèche ;
- MAT : matières azotées totales ;
- CB : Cellulose brute ;
- MG : matière grasse ;
- NDF: neutral detergent fiber;
- ADF: acide detergent fiber;
- ADL : acide detergent lignin ;
- MO : matière organique ;
- CI : les cendres insolubles ;
- UFL : unité fourragère lait (UFL) pour la production laitière ;
- UFV : unité fourragère viande (UFV) pour la production de viande ;
- PDIN : protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote ;
- PDIE : protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie ;
- PDIA : protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire ;
- MAD : matière azotée digestible ;
- ENA : extractif non azotée ;
- dMO : digestibilité de la matière organique ;
- EN : énergie nette ;
- EB : énergie brute ;
- dE : digestibilité de l'énergie ;
- EM/ED : le rapport entre l'énergie métabolisable (EM) et l'énergie digestible (ED) ;
- P : phosphore ;
- Ca : calcium ;

Kg PV/ha : kilogramme de poids vif par hectare ;

UGB/ha : unité-Gros-Bétail par hectare.

### *Liste Des Tableaux*

---

<b>N° :</b>	<b>Titres :</b>	<b>Pages :</b>
<b>1</b>	Les espèces du genre <i>Hedysarum</i> , rapportées localisées en Algérie.	4
<b>2</b>	Composition chimique du foin du Sulla <i>Hedysarum flexuosum</i> L. récoltée au stade du début de floraison séchée au soleil	16
<b>3</b>	Composition chimique de Sulla au début de la floraison	36
<b>4</b>	Teneur en éléments minéraux de Sulla au début de la floraison	37
<b>5</b>	Composition chimique du foin de Sulla	39
<b>6</b>	Teneur en éléments minéraux du foin de Sulla	40

## Liste Des Figures

N° :	Titres :	Pages :
1	Plantule de Sulla du nord (Bikra 21) au stade 1ère feuille unifoliolée avec graines en gousse articulée et décortiquées	6
2	Fleurs et feuillage de Sulla	7
3	L'abeille <i>Apis mellifera</i> L. principal pollinisateur du Sulla du nord	7
4	Tige fleurie du Sulla du nord ( <i>Hedysarum coronarium</i> L.) avec les différentes parties de la fleur et de la gousse	9
5	Répartition des espèces d' <i>Hedysarum</i> en fonction des Sous-étages bioclimatiques	13
6	Adaptation à quelques facteurs du milieu des espèces d' <i>Hedysarum</i> rencontrées en Algérie	14
7	Valeur alimentaire des aliments	17
8	Organisation des calculs pour la prévision de la valeur alimentaire d'un fourrage.	18
9	Schéma des constituants de la matière sèche des aliments et de leur fractionnement par la méthode d'analyse classique	19
10	Représentation schématique des principaux facteurs influençant la digestion et la digestibilité dans le rumen	21
11	Schéma d'une cellule végétale montre la structure de la paroi cellulaire	21
12	Les aliments du bétail : formations végétales exploitées et produits fournis	22
13	Comparaison des valeurs nutritives des diverses ressources pâturées dans l'année	23
14	Position géographique de la wilaya de Jijel	25
15	Position géographique de la commune d'El Milia	27

<b>16</b>	Position géographique de la wilaya de Mila	28
<b>17</b>	Position géographique de la commune de Grarem Gouga	29
<b>18</b>	Position géographique de la wilaya de Mila	30

# Introduction

## Introduction

---

La qualité des aliments est un facteur clé de tout système d'élevage des ruminants. Elle est considérée comme le facteur le plus efficace de la rentabilité de l'élevage. La disponibilité et la diversité des ressources alimentaires constituent la base de l'alimentation des animaux d'élevage pour une meilleure production animale (**Salhi, 2013**).

Cependant, **GREDAAL (2005)**, atteste que les fourrages cultivés en Algérie contribuent faiblement à l'alimentation des herbivores comparés aux plantes fourragères spontanées.

D'ailleurs, l'Algérie est très riche en ressources phytogénétiques à intérêt fourrager et pastoral, particulièrement en légumineuses. Ces dernières occupent une importante place dans la flore algérienne, les espèces pastorales originelles à la région méditerranéenne sont plus de 500 (**Talamucci et Chaulet, 1989**). Les parcours, les pâturages et les jachères occupent une grande place et jouent avec les produits de la céréaliculture un rôle très important dans l'alimentation des cheptels (**Abdelguerfi et al., 2000**).

Les légumineuses constituent à cet égard d'excellentes plantes fourragères du fait de leur teneur élevée en protéines et en vitamines et de leur capacité à fixer l'azote. Le développement de cultures fourragères, principalement de fabacées présente de nombreux avantages rendant leur utilisation justifiée encore plus dans les zones à risque d'érosion édaphique (**Boussaid et al., 1995 ; Slim et Ben Jeddi, 2011**). Ainsi, elles sont souvent utilisées pour l'amélioration directe ou indirecte des pâturages (**Mbaye et al., 2002**).

Les espèces des genres *Hédysarum*, sont des légumineuses pastorales qui se développent naturellement en Algérie. L'espèce la plus répandue *Hedysarum coronarium* (Linné, 1753), est couramment appelée Sulla ou Sainfoin d'Espagne (**Boussaid et al., 1995**). L'autre espèce plus rare, étant *Hedysarum flexuosum* L., représentée par des populations très réduites (particulièrement en Kabylie) et menacée de disparition (**Ben Fadhel et al., 2006**). Ces espèces sont utilisées en Algérie, de manière très irrégulière, en alimentation animale traditionnelle par les populations rurales, alors que dans d'autres pays en raison de leurs

valeurs nutritives (protéines, vitamines, fibres) reconnues, elles sont cultivées à grande échelle.

Les qualités fourragères, les rôles dans l'amélioration de la fertilité, la protection et la valorisation des sols classent *Hedysarum* comme un patrimoine d'un grand intérêt agro-économique à préserver et à valoriser particulièrement en Algérie où le déficit fourrager est très important et la majorité des sols se dégrade (**Abdelguerfi-Berrakia *et al.*, 1991**).

Dans l'optique d'apporter une contribution à cette problématique qui touche directement l'Algérie, nous nous sommes intéressées à l'espèce *Hedysarum coronarium* (Linné, 1753), qui se développe naturellement dans l'est algérien, afin de déterminer la composition chimique de cette légumineuse sous deux modes d'exploitation soit fourrage en vert au stade début floraison et foin fauché vers la fin du printemps au stade de fin floraison, et cela dans trois zones soit El Tarf, Mila et Jijel, dans le but de la valoriser et de promouvoir sa culture à grande échelle.

**Partie**

**Bibliographique**

## 1. Description De L'espèce *Hedysarum coronarium* (Sulla) :

### 1.1. Le Genre *Hedysarum* (Sulla) :

Les légumineuses sont des plantes herbacées, des arbustes, des lianes ou des arbres à racines présentant souvent des nodosités traduisant une symbiose avec les bactéries fixatrices d'azote.

Parmi les légumineuses, le genre *Hedysarum* est composé d'un grand nombre d'espèces avec une répartition très étendue dans le monde. Différentes espèces de ce genre sont rencontrées en Afrique du Nord et en Europe du Sud dans des étages bioclimatiques et des conditions édapho-agricole assez variables (**Abdelguerfi-Berrekia et al., 1988**).

Ces espèces du genre *Hedysarum* d'intérêt agronomique, grâce à leur qualité fourragère et leur capacité à améliorer la fertilité des sols par la fixation de l'azote atmosphérique, peuvent être exploitées dans la valorisation des régions dégradées, surtout dans les zones arides et semi-arides (**Hannachi et al., 2004**).

Le genre *Hedysarum* renferme des espèces annuelles ou pérennes, diploïdes ou tétraploïdes, autogames ou allogames (**Baattout, 1991 ; Boussaid et al., 1995**). Il est représenté en Afrique du Nord par des espèces faisant partie du groupe méditerranéen en présentant un nombre chromosomique de base  $n = 8$  (**Quezel et Santa, 1962 ; Pottier et Alapetite, 1979**).

Ce groupe méditerranéen compte 10 espèces :

- **Les espèces diploïdes** : *Hedysarum coronarium* L. *H. carnosum* Desf. *H. spinosissimum* L avec les deux sous-espèces subsp. *H. capitatum* Desf et subsp. *H. euspinosissimum* Briq. ; *H. flexuosum* L. et *aculeolatum* Munby. [subsp. *micranthum* (Batt) Maire. et subsp. *mauritanicum* (Pomet) Maire].
- **Les espèces di-tétraploïdes** : *H. pallidum* Desf, *H. naudinianum* Coss. et *H. nerralderianum* Coss.

Les espèces *H. humile* L. ainsi que *H. membranaceum* Coss. Et *Bal.* ne sont pas définies du point de vue caryologie (**Hannachi et al., 2004**).

En Algérie, le genre *Hedysarum* regroupe des espèces endémiques. Certaines espèces ont une localisation régionale : *H. coronarium* dans le Nord-est et *H. flexuosum* dans le Centre Nord du pays (**Abdelguerfi -Berrekia et al., 1988**).

L'exploitation de *Hedysarum*, en Algérie, en tant que plante de pâturage, est restée très limitée ; alors que dans les autres pays, tels que l'Italie et l'Espagne, des programmes d'amélioration conduisent à la sélection de certaines variétés (**Bronciarelli et Monotti, 1976**). Voici un tableau comportant les principales espèces qui se trouvent en Algérie avec leur classification.

**Tableau 1 :** Les espèces du genre *Hedysarum*, rapportées par (**Quezel et Santa, 1962**) (**Greuter, 1989**) localisées en Algérie.

Classification	Espèces
<u>Embranchement</u> : spermatophytes	<i>H. aculeolatum</i>
<u>Super Classe</u> : Angiospermes	<i>H. boutignyanum</i>
<u>Classe</u> : Dicotyledones	<i>H. brigantiacum</i>
<u>Ordre</u> : Rosales	<i>H. coronarium</i>
<u>Famille</u> : Fabacées	<i>H. humile</i>
<u>Genre</u> : Hedysarum	<i>H. boveanum</i>
	<i>H. carnosum</i>
	<i>H. flexuosum</i>
	<i>H. naudinatum</i>
	<i>H. palidum</i>
	<i>H. perrauderanium</i>
	<i>H. spinosissimum subs capitatum</i>

Les plantes de ce genre sont d'une manière générale constituée d'un appareil souterrain robuste portant de nombreuses nodosités fixatrices d'azote et d'un système aérien à rameaux dimorphes : tige principale «orthotrope» et ramification latérales «plagiotropes».

Les espèces spontanées d'intérêt pastoral et fourrager, particulièrement les légumineuses, occupent une importante place dans la flore Algérienne, l'une des solutions indiquées est la valorisation de ces ressources phylogénétiques par leur introduction au niveau des milieux dégradés (jachères, parcours, steppe, etc.) et des terres réservées aux cultures fourragères. Dans ce sens et afin d'utiliser de façon adéquate ce matériel végétal adapte et réduire les risques d'échecs, plusieurs études de distribution des espèces de *Medicago* (Abdelguerfi et al., 1990), de *Hedysarum* (Abdelguerfi-Berrekia et al.; 1988, 1991) et de *Trifolium* (Zatout et al., 1989; Zatout, 1995) ont été effectuées à travers l'Algérie.

Les espèces du genre *Hedysarum* sont caractérisées par une diversité considérable qui concerne aussi bien la morphologie que les aires de répartition de leurs peuplements.

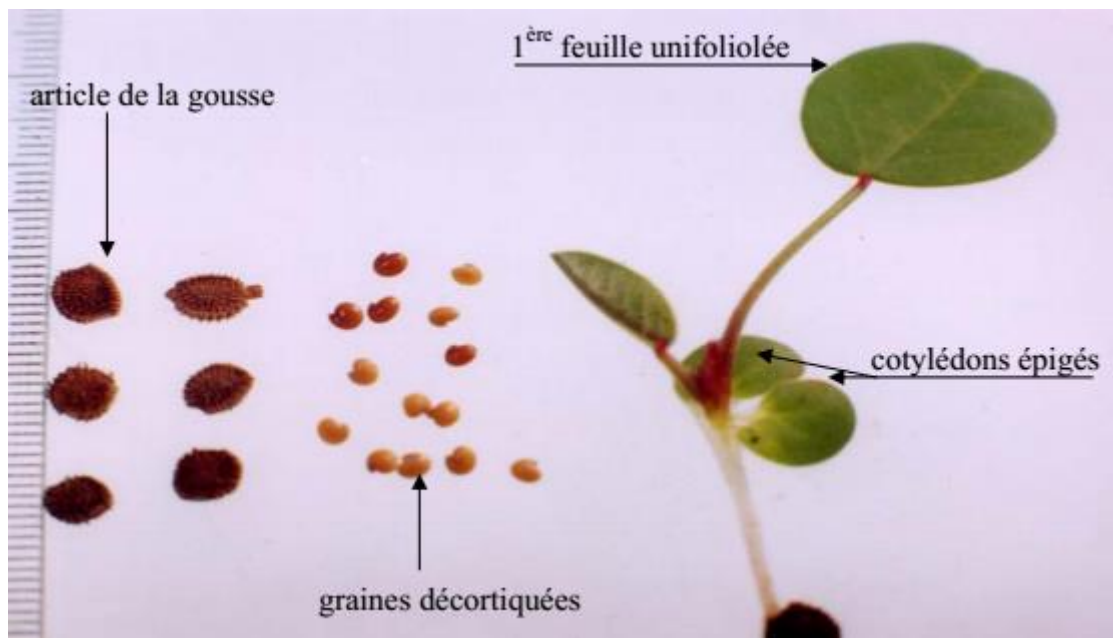
Toutefois, elles sont menacées par une érosion génétique incontestable comme en témoigne l'extinction de *H. humile* et la raréfaction de *H. flexuosum* et *H. aculeolatum*. Cette érosion serait accélérée par l'exploitation des cultures, le surpâturage, la dégradation des sols ainsi que les changements climatiques. Par ailleurs, il semble que cette érosion soit particulièrement accentuée au Maroc et, à un degré moindre, en Tunisie. L'Algérie paraît moins affectée par cette érosion avec neuf espèces rencontrées parmi les dix ciblées. Cette richesse suggère que ce pays constitue un centre d'origine de diversité de ces taxons.

## **1.2. L'espèce *Hedysarum coronarium* L**

L'*Hedysarum coronarium* est appelée couramment Sulla, Sulla du nord ou Sainfoin d'Espagne (Bullita et al., 2000). C'est une plante Fabaceae fourragère, Herbacée, bisannuelle, annuelle ou pérenne, droite ou rampante peut atteindre jusqu'à 0,3 à 1,5 m (Quezel et Santa, 1962 ; Frame, 2000). Elle est endémique des pays du pourtour méditerranéen (Gutierrez-Mas, 1983). C'est une espèce diploïde ( $2n = 16$  chromosomes) et allogame (Grimaldi, 1961), son système racinaire est pivotant (Prosperi et Balfourier, 1995), profond (jusqu'à 2m), avec de nombreux racines secondaires (Moore et al., 2006), présentant une bonne tolérance à la sécheresse (Crocker et Hackney, 2008). La floraison

commence au début de l'été, où les fleurs sont réunies en racème jusqu'à 35 fleurs ; s'étendant de la rose à la violette mais généralement cramoisi. Les tiges sont épaisses, boisées, simples ou ramifiées et généralement creuses (**Quezel et Santa, 1962 ; Frame, 2000**).

Les feuilles caduques sont alternées disposées dans 7 à 15 paires de feuillettes ovales ou arrondis et un feuillet terminal, ces feuilles se caractérisent par une surface lisse et une phase inférieure poilue (**Frame, 2000**). Les gousses épineuses ont de 3 à 8 segments, chaque segment contient une semence crème, à brun clair de 3 mm de diamètre, aplati avec un profil presque circulaire (**Terril, 1992 ; Frame, 2000**). La température de croissance varie de 4 à 30°C, mais elle est incapable de pousser à des températures beaucoup au-dessous de zéro. C'est une plante florissante sur des sols avec un pH variant entre pH 6 et pH 8,5, en présence des formes libres du  $\text{Ca}^{2+}$ , une quantité suffisante de phosphore est nécessaire pour sa croissance (**Terril, 1992 ; Frame, 2000**). En raison de leur polymorphisme morphologique et leur variabilité génétique, plusieurs espèces du genre *Hedysarum* sont étudiées (**Terril, 1992, Frame, 2000**).



**Figure 1 :** Plantule de Sulla du nord (Bikra 21) au stade 1ère feuille unifoliolée avec graines en gousse articulée et décortiquées (**Ben Jeddi, 2002**).



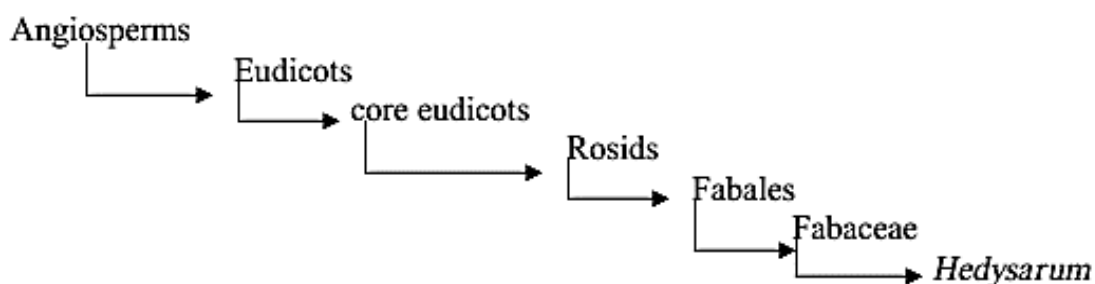
**Figure 2** : Fleurs et feuillage de Sulla (Schutz et Sardi, 2008).



**Figure 3** : L'abeille *Apis mellifera* L. principal pollinisateur du Sulla du nord (Ben Jeddi, 2005).

### 1.3. Taxonomie :

L'espèce *Hedysarum coronarium* L. appartient au genre *Hedysarum*, ce dernier fait partie de la tribu des Hedysarées de la sous famille des papilionacées et de la famille des fabacées (Quezel & Santa, 1962). Comparé aux différents genres des trifoliées, le genre *Hedysarum* ne présente pas de grandes difficultés dans la classification des unités taxinomiques.

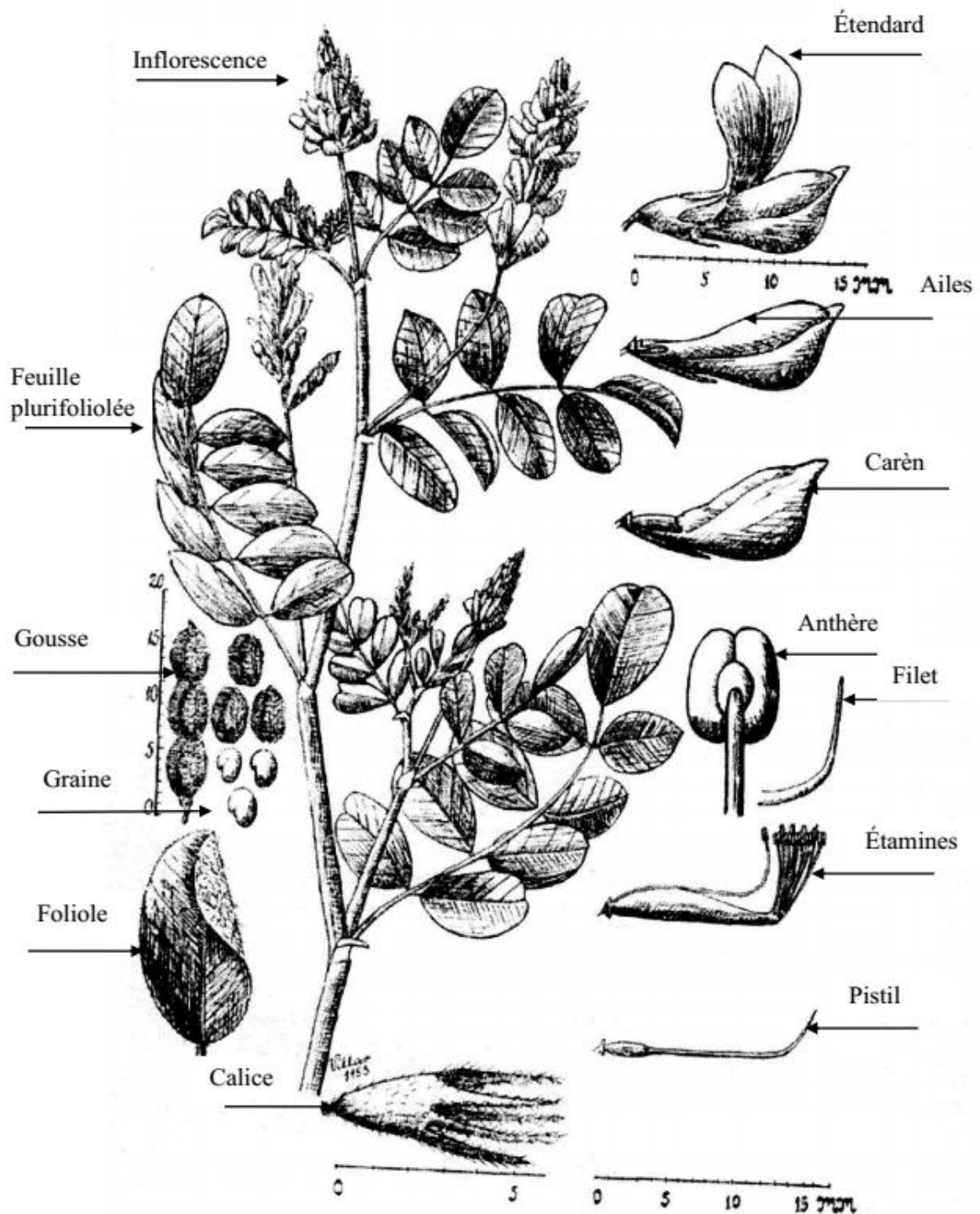


Dans les flores est une espèce qui a été classée selon APG, (1998) comme suit :

### 1.4. Description botanique d'*Hédysarum coronarium* L.

Les formes sauvages du Sulla se distinguent des formes cultivées par leur port prostré. Les formes cultivées sont érigées, elles présentent un axe principal bien dressé (50-150 cm de long) et des ramifications latérales obliques pouvant égaler l'axe principal. Au stade végétatif, la plantule se trouve en rosette lâche (Clarde, 1990). Les feuilles, sur les deux types d'axes, sont longuement pétiolées et se composent de 7-15 paires de folioles ovales avec une foliole terminale (Moore *et al.*, 2006). Les folioles sont munies d'une pilosité blanchâtre sur les bords (Prosperi et Balfourier, 1995) (Figure 4). Les fleurs de *Hedysarum coronarium* (1,5-2 cm), brièvement pédonculées, sont axillées par des bractées scarieuses et portent chacune, à la base du calice, deux bractéoles. La corole est généralement rouge vif ou violacée mais peut aussi être blanche (Prosperi et Balfourier, 1995). La floraison commence au début de l'été, où les fleurs sont réunies en racème jusqu'à 35 fleurs. Les tiges sont épaisses, boisées, simples ou ramifiées et généralement creuses (Frame, 2000). *Hedysarum coronarium* est très appréciée par les abeilles (*Apis mellifera* L.) (Rondia *et al.*, 1985 in Ben Jeddi, 2005). Les gousses *Hedysarum coronarium* sont droites, larges de 4 à 5 mm, à articles couverts d'aiguillons (Quezel et Santa, 1962), épineuses ont de 3 à 8 segments, chaque segment contient une semence crème, à brun clair de 3mm de diamètre,

aplatis avec un profil presque circulaire (Frame, 2000). Les graines (2.5 x 2.5 mm), sont réniformes ou ovoïdes.



**Figure 4 :** Tige fleurie du Sulla du nord (*Hedysarum coronarium* L.) avec les différentes parties de la fleur et de la gousse (Villax, 1963).

## **1.5. Cycle Biologique :**

Dans les conditions naturelles on observe de nombreuses germinations dès les premières pluies automnales (septembre-octobre). Le développement se poursuit ensuite sans interruption appréciable, sauf évidemment lors des froids hivernaux, jusqu'à la fructification (début juillet). Les plantes issues de l'ensemble de cette morphogénèse peuvent être séparées en deux groupes suivant le mode de fonctionnement de l'axe principal issu de la germination de la graine (figure 4). Celui-ci est toujours dressé orthotrope mais il peut présenter suivant les cas un développement limité ou au contraire appréciable.

Dans le premier cas les feuilles qu'il porte sont densément insérées, en rosette plaquée sur le sol. Les premières sont unifoliées, les suivantes imparipennées à 3, 5, 7, 9, 11 folioles. Le bourgeon formé à l'aisselle des 2 ou 3 premières feuilles reste latent alors que celui abrité par les feuilles suivantes se développe rapidement donnant naissance à une ramification pouvant atteindre ou même dépasser 1,50 m. Celle-ci, bien que produisant des feuilles identiques à celles de l'axe principal, est morphologiquement très différente du fait de sa phyllotaxie alterne distique et de sa croissance horizontale : il s'agit d'une ramification plagiotrope souvent étroitement appliquée sur le sol. Certaines feuilles de celle-ci - les 7-8 distales - servent de bractées à des grappes de 20 à 30 fleurs, alors que les proximales abritent un bourgeon latent mais se développant parfois chez les individus les plus vigoureux donnant naissance à une ramification plagiotrope secondaire. Enfin, chez certains individus on trouve inflorescences développées à l'aisselle des dernières feuilles de l'axe orthotrope. Mais nous l'avons vu, l'axe orthotrope peut s'allonger de façon appréciable et atteindre de 3 centimètres à plus d'un mètre. Dans ce cas, les feuilles distales de cet axe axillant toujours des grappes florales. De plus, comme précédemment, en générale à la base de cet axe, se développent des ramifications plagiotropes (**Combes et al., 1979**).

## **1.6. Répartition Géographique, Ecologie Et Exigence :**

### **1.6.1. Aperçu Historique :**

Depuis 1905, de nombreux professeurs de l'ECAT (Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis) actuellement INAT (Institut National Agronomique de Tunisie) ont préconisé la culture du Sulla du nord. Les mérites de cette espèce sont reconnus depuis longtemps et de nombreux agriculteurs ont amélioré leurs systèmes de culture après l'avoir introduit comme ressource fourragère.

En 1904, **Bœuf et Tournieroux** reprochaient au Sulla de ne pas pouvoir de se développer dans un sol où il n'est pas spontané. Ceci est dû à l'absence de son *Rhizobium* spécifique (**Squartini et al., 2002**), inconnu à l'époque. Jusqu'à 1930, les échecs d'installation de la culture aboutissaient à son abondant complet.

Depuis 1933, certains colons de la région subhumide tunisienne semaient le sulla d'une manière très localisée spécialement comme foin pour leurs chevaux de trait (**Bigourdan, 1933**). En 1954, les professeurs de l'ECAT introduisaient de l'Italie la première variété de sulla Sgaravatti 1187 pour des essais où elle a montré une certaine adaptation. En 1976, d'autres variétés (Sparacia de Sicile) ont été importées par des organismes officiels comme l'OEP (Office de l'élevage et des pâturages).

En 1977, une autre variété Grimaldi a été introduite et multipliée chez les agriculteurs sous le contrôle de l'OEP.

Depuis, d'autres importations de Sulla italien ont été réalisées jusqu'à 2000 pour satisfaire les besoins du marché en semences. Cependant, ces dernières introductions ne comportaient aucune précision variétale donc, peuvent être considérées comme des semences foraines.

### **1.6.2. Ecologie et exigence :**

Un large aire de répartition dans le bassin méditerranéen, de nord d'Afrique au sud d'Espagne et du centre au sud d'Italie (**Squartini et al., 2002**). L'aire de distribution du genre *Hedysarum* est l'Europe tempérée, les régions méditerranéennes de l'Afrique du nord (**polunin, 1969 ; Byam et Pankhurst, 1995**), l'Asie mineure, la Sibérie et l'Amérique du nord, à partir de l'Arizona jusqu'au Canada et les régions arctiques quant à l'espèce *coronarium*, elle est rencontrée en Afrique du nord. En Tunisie, sa présence a été signalée dans toute la zone nord de la dorsale à partir de 300 mm de pluie par an (**Ben Jeddi et al., 1998**). En Algérie, l'aire de distribution de l'espèce est limitée en raison de la forte dégradation voire même la disparition des prairies naturelles (**Abdelguerfi, 1989**). Au Maroc, le Sulla n'est pas aussi répandu comme la luzerne (*Medicago sativa* L.) ou le bersim (*Trifolium alexandrinum* L.). Cependant, certaines populations ont été signalées dans la zone nord du pays comme la région de Tanger (**Ameziane et Berkat, 1989**). L'espèce ne s'étend pas vers les régions du sud de la dorsale tunisienne. Ainsi le Sulla du nord n'est pas signalé ni en Libye ni en Egypte. En Europe méditerranéenne, le Sulla se rencontre en Espagne,

Italie (**Le Houerou, 1965**), Sicile, Malte et Iles Baleares (**Semadeni, 1976**) ou il est moins tolérant au froid que le sainfoin (*Onobrychis viciifolia Scop.*) malgré l'existence de certains types d'altitude (**Rios et al., 1992**).

Le Sulla est une fabacée fourragère bisannuelle ou pérenne, endémique des sols argilocalcaires de la région semi-aride du bassin méditerranéen (**Gutierrez-Mas ; 1983**). A l'état spontané, le Sulla est rencontré généralement sur les marnes et les terres argilo-calcaires et peut se trouver à des altitudes variables de 1000 à 2000 m (**Bentham et Hooker, 1865 ; Lapeyronie, 1982**). Et montre en fait une résistance marquée aux conditions extrêmes, s'étendant de la sécheresse à la salinité au pH alcalin, permettant sa culture en terre semi-aride et argiles calcaires avec un pH aussi élevé que 9,3 (**Benguedouar et al., 1997; Hannachi et al., 2004**).

Cette espèce est signalée sous des pluviométries variant de 300 à 1000 mm/an (**Le Houerou, 1965**). **Ben Jeddi et Zouaghi (1995)** ont signalé la présence du Sulla du nord dans l'étage sub-humide et semi-aride supérieur au nord de la dorsale où la pluviométrie est variable entre 350 et 800 mm/an.

La température de croissance varie de 4 à 30°C, mais elle est incapable de pousser à des jusqu'à la température de - 4°C, - 6°C (**Piccioni, 1965 ; Terril, 1992 ; Frame, 2000**). Elle est donc conseillée dans les zones où la température moyenne du mois le plus froid (janvier ou février) est supérieure à 3°C (**Lapeyronie, 1982**).

Au stade adulte elle est connue par sa grande résistance à la sécheresse printanière. Les jeunes plantules sont plus sensibles à l'excès d'eau et à la concurrence des herbes indésirables (**Ben Jeddi, 2001**).

C'est une plante florissante sur des sols avec un pH variant entre pH 6 et pH 8,5, en présence des formes libres du Ca<sup>2+</sup>, une quantité suffisante de phosphore est nécessaire pour sa croissance (**Terril, 1992 ; Frame, 2000**).

### 1.6.3. Répartition En Algérie Selon Certains Facteurs Du Milieu selon Abdelguerfi-Berrekia et al., (1989):

D'après leurs résultats de prospection, ces chercheurs ont constaté que : *L'Hedysarum coronarium* L. paraît étroitement localise par ces deux facteurs à la fois (plante de sols limono-argileux sains sous climat méditerranéen très humide doux ; (Thiault, 1961).

Espèces	Sous-étages bioclimatiques
<i>H. carnosum</i>	Saharien ; Aride : frais, doux
<i>H. spinosissimum</i>	Aride : frais, doux ; Semi-aride : frais, chaud
<i>H. aculeolatum</i>	Semi-aride : chaud ; Subhumide : chaud
<i>H. coronarium</i> ☼	Subhumide : froid, doux, chaud ; Humide : chaud
<i>H. flexuosum</i>	Subhumide : frais, doux, chaud ; Humide : doux
<i>H. glomeratum</i>	Aride : frais, doux ; Semi-aride : froid, frais, chaud ; Subhumide : frais, doux, chaud
<i>H. pallidum</i>	Semi-aride : froid, frais, doux, chaud ; Subhumide : froid, frais

**Figure 5 :** Répartition des espèces d'*Hedysarum* en fonction des Sous-étages bioclimatiques (Abdelguerfi-Berrekia et al., 1989).

La répartition de l'espèce étudié en fonction des facteurs du milieu est alors comme suite :

- *Hedysarum coronarium* L. est une espèce des régions biens arrosées (pluviométrie moyenne à forte) ; elle est plus fréquente sous les pluviométries supérieures à 650 mm. Nous n'avons pas rencontré *Hedysarum coronarium* L. à moins de 450 mm).
- *H. coronarium* se rencontre généralement à des altitudes variables.
- *H. coronarium* est une espèce très commune dans le Tell constantinois au niveau des cultures des coteaux et des vallées, dans les prairies, les pâturages argileux et les broussailles (Julien, 1894 ; Ouezel & Santa, 1962). Elle serait rarement spontanée dans l'algérois (Mitidja) (Battandier et Trabut, 1890). Selon (Julien, 1894), il y'a lieu d'encourager la culture de cette plante qui serait d'un grand secours pour l'élevage algérien en raison de son rendement et de sa résistance à la sécheresse et à la chaleur.

- *Hedysarum Coronarium* a été signalé sur des sols de texture fine à moyenne, à conductivité très faible à moyenne, généralement pauvres en potassium et en calcaire total (**Figure 6**).

Espèces	Pluviométrie	Altitude	Cailloux	pH	Calcaire total	Conductivité	Texture
<i>H. aculeolatum</i>	moyenne	faible	v	b	faible à moyen	v	grossière
<i>H. carnosum</i>	faible	moyenne	élevé	v	élevé	moyenne à élevée	v
<i>H. coronarium</i>	moyenne à élevée	v	v	v	faible	faible à moyenne	très fine à moyenne
<i>H. flexuosum</i>	moyenne à élevée	faible à moyenne	faible	v	v	v	très fine à fine
<i>H. glomeratum</i>	moyenne	moyenne à élevée	v	b	moyen	v	v
<i>H. naudinianum</i>	moyenne	moyenne à élevée	v	b	élevé	faible	moyenne à fine
<i>H. pallidum</i>	faible à moyenne	v	élevé	v	élevé	faible à moyenne	v
<i>H. spiruosissimum</i>	faible à moyenne	faible	élevé	b	v	v	grossière

v : variable ; b : légèrement basique

**Figure 6 :** Adaptation à quelques facteurs du milieu des espèces d'*Hedysarum* rencontrées en Algérie (**Abdelguerfi-Berrekia et al., 1989**).

## 1.7. Intérêt et importance de *Hedysarum coronarium* :

### 1.7.1. Potentiel fourrager :

La Sulla est une espèce fourragère non météorisantes et est pâturée par des animaux ruminants ou non (**Bassendowski et al., 1989**). Elle était cultivée pour pâturée (**Rondia, et al., 1985**). L'herbe produite convient à l'élevage ovin et bovin (**Ballatore, 1972**).

Cette espèce est appréciée pour son fourrage de qualité (mais intervient aussi dans la réduction de l'érosion hydrique des sols en pente) (**Slim & Ben Jeddi, 2011**).

Au fur et à mesure que la plante vieillit, les tiges deviennent grosses, fistuleuses et lignifiées tandis que les teneurs en protéines brutes, en matière grasse et en substances minérales diminuent considérablement. Cependant, la teneur en cellulose brute du Sulla demeure inférieure à ce lié de la luzerne (*Medicago sativa* L.) exploitée au même stade (**Piccioni, 1965**).

Le fourrage du Sulla est un peu plus énergétique que le bersim (*Trifolium alexandrinum* L.) (0,76 UFL/kg MS). Alors que, ce dernier contient plus de protéines

brutes (23,7 %).

### **1.7.2. Intérêts environnementaux :**

En plus de son haut potentiel de production fourragère, la Sulla offre la possibilité d'améliorer la teneur en matière organique et de maintenir une richesse en azote du sol (**Douglas et al., 1985 ; Pinto et al., 1993 ; Stringi et al., 1998 ; Ben Jeddi, 2005**). Cette matière organique estimée entre 6 et 9 t/ha/an (**Ben Jeddi, 1996**), a un effet direct sur la stabilisation des agrégats du sol (**Watt et al., 1993**) et indirect sur la stimulation des activités microbiennes de la rhizosphère (**Angers, 1989**).

Grace à son système racinaire puissant et pivotant, le Sulla offre l'avantage de protéger le sol l'érosion (**Watson, 1982**) d'où l'intérêt de son installation dans les terrains marneux et accidentés très vulnérables à l'érosion (**Zouaghi, 2001 ; Slim, 2004, Slim et al., 2011**). En effet, l'installation du Sulla en association avec l'Atriplex (*Atriplex halimus* L.) pendant 4 ans dans un site calcaire marginal a permis d'améliorer la porosité du sol et de réduire les pertes de sol d'environ 7 % comparativement à un sol qui a porté une culture de blé en continu (**Chisci et al., 2001**).

Cette plante est aussi très appréciée par les abeilles (*Apis mellifera* L.), L'installation de ruches d'abeilles (environ 15 / ha) permet, non seulement la production de miel (environ 28 kg/ha de miel), mais en plus l'accroissement de la production grainière grâce à la pollinisation entomophile (**Rondia et al., 1985**).

### **1.7.3. Intérêt fourrager et agronomique :**

Selon **Abdelguerfi et al., 2003**, « Parmi les espèces fourragères et/ou pastorales les plus utilisées dans certains pays pour l'alimentation du bétail nous pouvons citer les espèces de *Medicago*, *Trifolium* et d'*Hedysarum* parmi beaucoup d'autres ».

La valeur nutritive du Sulla est comparable à celle de la luzerne et du trèfle violet (**Barry, 1998**). Les populations naturelles de *Hedysarum flexuosum* assurent un pâturage hivernal et printanier de bonne valeur nutritive (**Abdelguerfi-Berrakia et al., 1991**). Cette espèce est très utilisée dans l'alimentation des bovins (**Ramirez-Restrepo et Barry, 2005**). Selon **Kadi (2012)**, la composition de la plante d'*Hedysarum flexuosum* dépend du stade végétatif. Au début de la floraison, le foin de Sulla a une teneur élevée en fibres (33,7% fibres au détergent neutre (NDF), il contient également une quantité appréciable de protéines

brutes proches de celles retrouvées dans la luzerne. Sulla est très appétent et utilisés dans l'alimentation des moutons (**Molle et al., 2003**), caprins (**Bonanno et al., 2007**) ou des vaches (**Ramirez-Restrepo et Barry, 2005**) in **Kadi (2012)**, ainsi, le foin de Sulla peut être considéré comme une source de fibres équilibré pour le lapin, également riche en protéines qui est proche de la composition de la farine de luzerne ( **Kadi , 2012**).

*Hedysarum coronarium* est aussi une espèce fourragère qui a fait ses preuves dans plusieurs régions dans le monde particulièrement celles de la Méditerranée. Cette espèce permet une très bonne production pastorale et serait une remarquable tête de rotation (**Rondier et al., 1985**). Selon **Le Houerou (1965)** cité par **Dhane Fitouri (2011)**, Plus de 90 tonnes/hectares de matière verte de Sulla coupé au stade floraison soit l'équivalent de 13 tonnes/hectares de matière sèche peuvent être récoltés. La matière sèche du Sulla à la floraison par rapport à celle du sainfoin au même stade phénologique, est caractérisée par des valeurs supérieures pour la matière organique, les protéines brutes et la digestibilité (respectivement plus élevées de 6,1 ; 47,4 et 12,2%) tandis que les paramètres suivants sont plus bas : fibres brutes (26,8%), NDF (29,8%), ADF ( 31,3%), AIA (27,1%), cellulose (28,5%), hémicellulose (4,2%) et cendres (35,4%) (**Martiniello et al, 2000**). Le Sulla est cultivé principalement pour la production de foin. Il peut aussi être pâturé pendant l'automne et l'hiver, jusqu'au début de la phase de montaison, à la fin février (**Martiniello, 2000**).

**Tableau 2 :** Composition chimique du foin du Sulla *Hedysarum flexuosum* L. récoltée au stade du début de floraison séchée au soleil (**Kadi, 2012**)

Base brute (g / kg)	foin de Sulla Séchées
<b>Matière.sèche</b>	885
<b>Cendres.brutes</b>	125
<b>Protéines.brutes(Nx6,25)</b>	147
<b>Fibres.au.détergent.neutre</b>	438
<b>Fibre.au.détergent.acide</b>	337
<b>Détergent.acide.lignine</b>	80
<b>Énergie.brute,MJ/kg</b>	15.07

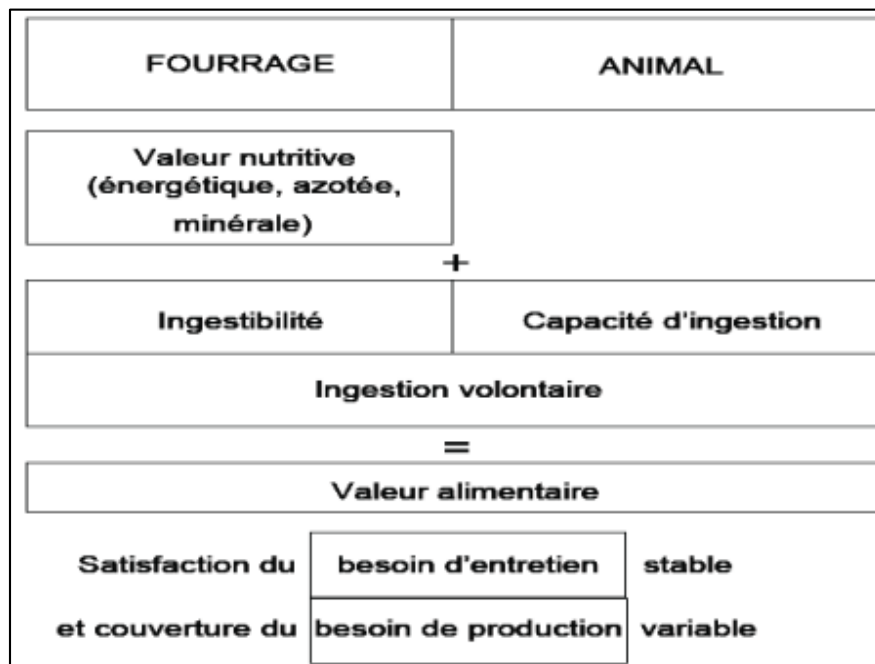
## 2. Généralité sur les fourrages :

### 2.1. Valeur alimentaire des fourrages :

La valeur alimentaire d'un fourrage associe deux critères : i) sa valeur nutritive, qui traduit sa concentration en nutriments et, ii) son aptitude à être ingéré. La valeur nutritive est déterminée par l'analyse chimique du fourrage (composition en nutriments) et par la mesure de sa digestibilité (disponibilité des nutriments) (**Guerin, 1999**).

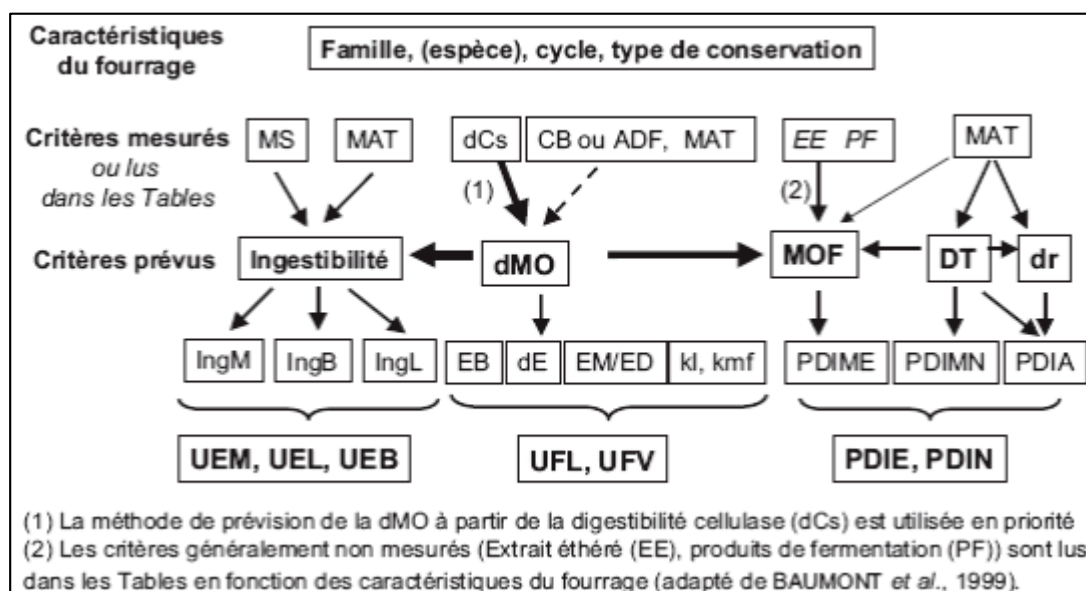
Les quantités ingérées dépendent d'une part de l'ingestibilité des fourrages, et d'autre part de la capacité d'ingestion des animaux. L'ingestibilité est une caractéristique de l'aliment (**Guerin, 1999**), elle varie avec sa digestibilité ou plutôt, avec sa vitesse de digestion (**Lazenby, 1988**), mais elle varie également en fonction de l'appétibilité propre à chaque espèce végétale et même souvent à chaque organe ou stade de végétation (**Demarquilly et Andrieu, 1988**).

L'ingestibilité d'un fourrage est élevée pour des stades jeunes. Elle diminue avec l'augmentation des parois et, dans une moindre mesure, avec la baisse de la teneur en matière azotée (**Jarrige, 1988 ; Baumont et al., 2000**).



**Figure 7 :** Valeur alimentaire des aliments (**Guérin, 1999**) (**SALHI. H, 2013**).

La capacité d'ingestion, est une caractéristique propre à l'animal. Les principaux facteurs de variation sont l'espèce animale, ou des facteurs endogènes tels que l'âge, le stade physiologique, le niveau de production et l'état d'engraissement (**Jarrige, 1988**), mais également des facteurs exogènes tels que le climat et le mode de distribution des aliments (**Guerin, 1999**).

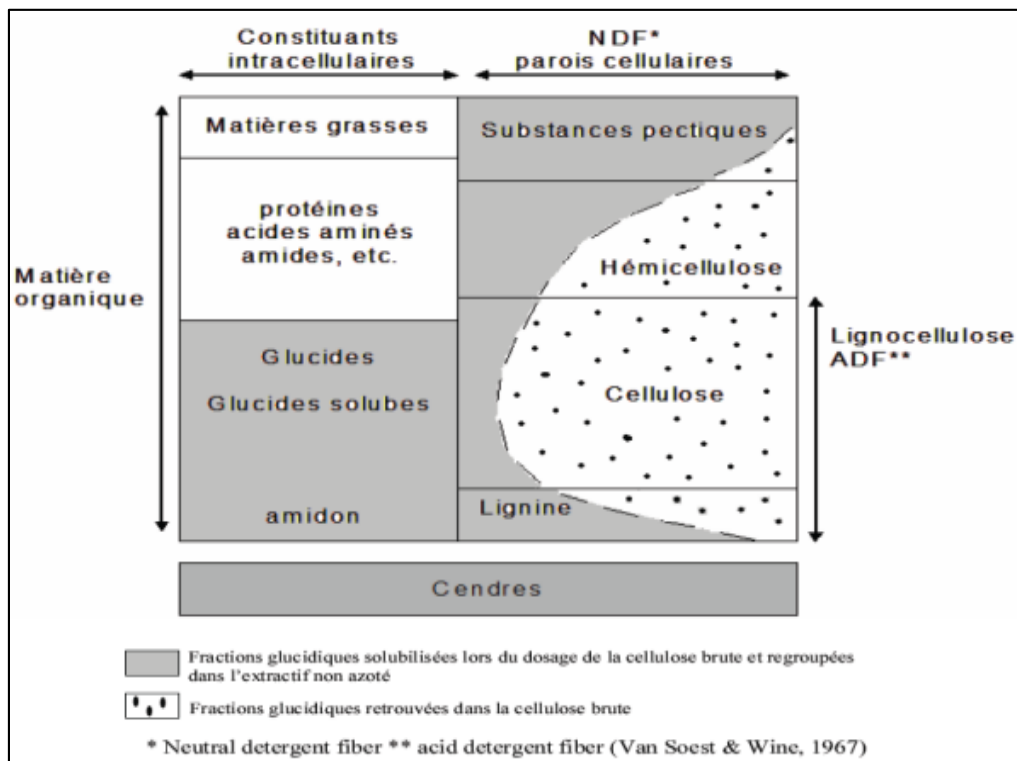


**Figure 8 :** Organisation des calculs pour la prévision de la valeur alimentaire d'un fourrage. (SALHI. H, 2013).

Des équations de prévision de la valeur alimentaire ont d'abord été proposées par espèce végétale et cycle de végétation à partir de la composition chimique mesurée sur le fourrage vert ou le fourrage conservé (**INRA, 2007**). Une méthode plus synthétique de prévision de la digestibilité, paramètre clé de la prévision de la valeur alimentaire, a été ensuite proposée à partir de la mesure de la digestibilité enzymatique (pepsine et cellulase) pour les fourrages à base d'herbe, et pour le maïs. Rappelons que, pour estimer les valeurs UF, PDI et UE d'un fourrage, il est nécessaire d'analyser les teneurs en matières minérales et en matières azotées totales, un critère pariétal (cellulose brute ou fibres au détergent acide (ADF)) et, si possible, la digestibilité enzymatique (**Baumont *et al.*, 2009**).

## 2.2. Valeur nutritive des fourrages :

Selon **Jarrige, (1988)**, la valeur nutritive d'un fourrage est sa concentration en éléments nutritifs (énergie, azote, minéraux, vitamines) digestible par l'animal. La valeur nutritive d'après **Whitteman, (1980)** et **Clement, (1981)**, c'est la capacité d'un aliment ou d'une ration à couvrir les besoins nutritionnels d'un animal. Selon **Soltner, (1986)**, la valeur nutritive, représentée par la valeur énergétique et la valeur azotée, dépend surtout de la digestibilité de la matière organique de l'aliment. La valeur nutritive des fourrages dépend du gradient de répartition des différents tissus qui composent la plante : parenchymes, tissus de soutien et de protection. La valeur nutritive va être d'autant plus élevée que les tissus parenchymateux sont développés, les parois peu abondantes et peu lignifiées (**Guerin, 1999**). Les teneurs en hémicellulose, cellulose, lignine (**Van soest et al., 1991**) et en azote rendent bien compte de ces variations. La teneur en composés pariétaux est fréquemment identifiée comme un facteur corrélé négativement à la digestibilité (**Lantinga et al., 2002 ; Mould, 2003**).



**Figure 9 :** Schéma des constituants de la matière sèche des aliments et de leur fractionnement par la méthode d'analyse classique (**Sauvant, 1988**).

✓ **La valeur énergétique** : L'énergie nette (EN) exprimée en UFL (unité fourragère lait) et UFV (unité fourragère viande) correspond à la part de l'énergie de l'aliment effectivement utilisée par l'animal pour l'entretien, la production de lait et la production de viande. Elle est calculée à partir de l'énergie brute (EB), du coefficient de digestibilité de l'énergie (dE), du rapport (EM/ED) entre l'énergie métabolisable (EM) et l'énergie digestible (ED) et des rendements (k) d'utilisation de l'énergie métabolisable pour la lactation, l'entretien ou l'engraissement.

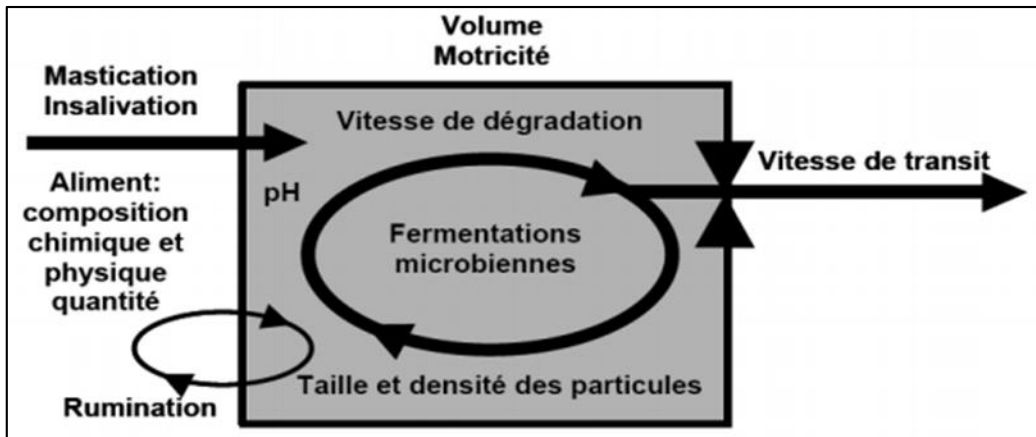
✓ **La valeur azotée** : La valeur azotée des fourrages peut être exprimée soit en teneur en matières azotées digestibles (MAD) soit en teneur en protéines digestibles dans l'intestin grêle (PDI). Dans l'alimentation des ruminants, le système PDI est devenu actuellement la référence pour les francophones. Il permet d'estimer trois valeurs :

1. PDIA : protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire ;
2. PDIN : protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote ;
3. PDIE : protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie. Les quantités de protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne quand l'azote fermentescible ou l'énergie fermentescible de l'aliment constitue un facteur limitant sont notées respectivement PDIMN et PDIME.

### **2.3. Digestibilité des fourrages :**

La digestibilité (apparente) d'un constituant chimique exprime sa proportion disparue entre sa consommation et son excrétion dans les fèces. La digestibilité de la matière organique (dMO) des fourrages est une base essentielle pour estimer leur valeur énergétique et leur valeur azotée. Elle est le facteur de variation le plus important de la valeur énergétique parce que les pertes fécales sont les principales pertes (20 à 60 % de la matière organique ingérée) lors de la transformation des fourrages en produits animaux (**Daccord, 2005**).

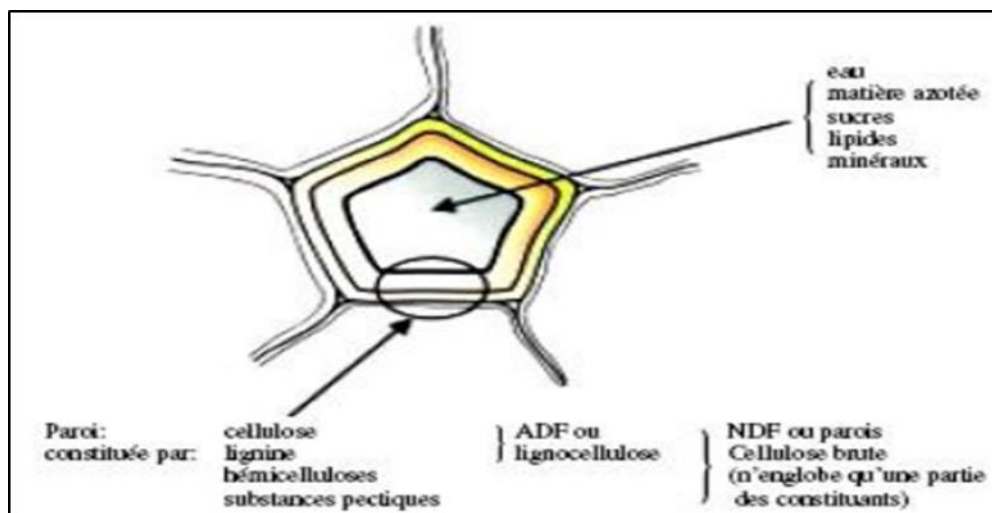
Selon **Fanchone, et al. (2009)**, la digestibilité est l'un des paramètres indispensables permettant d'apprécier la valeur alimentaire des fourrages pour les ruminants. Le rumen est un écosystème complexe, régi par de nombreux processus interactifs entre l'animal, l'aliment et l'environnement.



**Figure 10 :** Représentation schématique des principaux facteurs influençant la digestion et la digestibilité dans le rumen (Daccord, 2005).

#### 2.4. La paroi cellulaire :

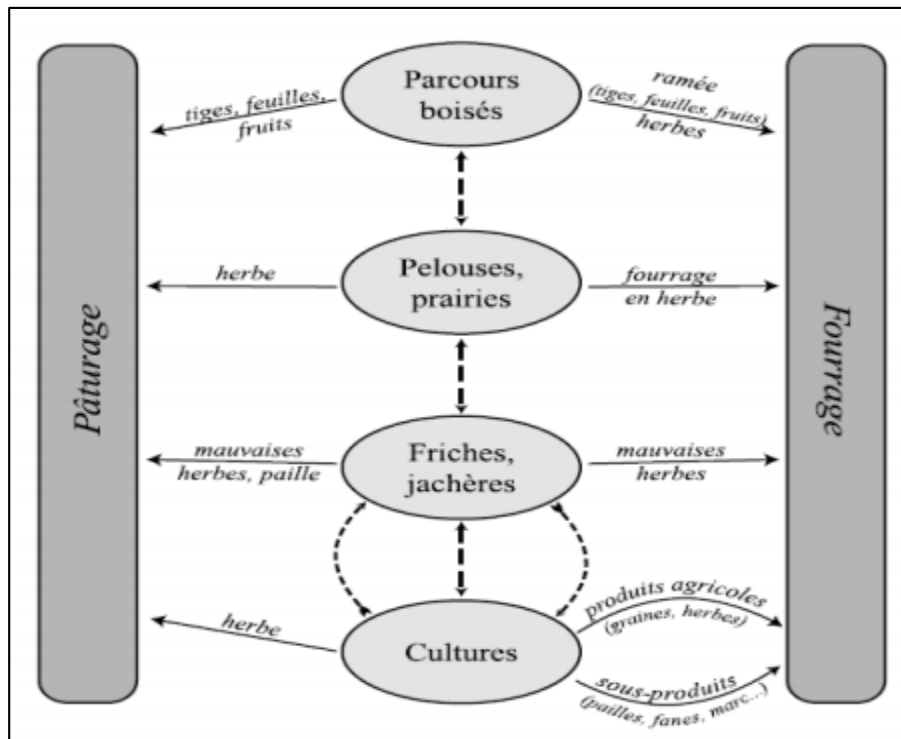
Les parois qui représentent 30 à 70 % de la matière sèche des fourrages, conditionnent en grande partie la digestibilité totale du fourrage ayant traversé le tube digestif (Daccord, 2005). La paroi a une structure complexe. Les principaux constituants sont la cellulose et les hémicelluloses qui sont la source d'énergie primordiale du ruminant. Avec l'âge, la paroi s'épaissit et se lignifie. Elle devient de moins en moins utilisable par les microorganismes de la panse et constitue une barrière freinant leur accès au contenu cellulaire (matière azotée, sucres, eau). L'ingestibilité, la digestibilité et la valeur nutritive de la plante diminuent (Daccord et Arrigo, 2003).



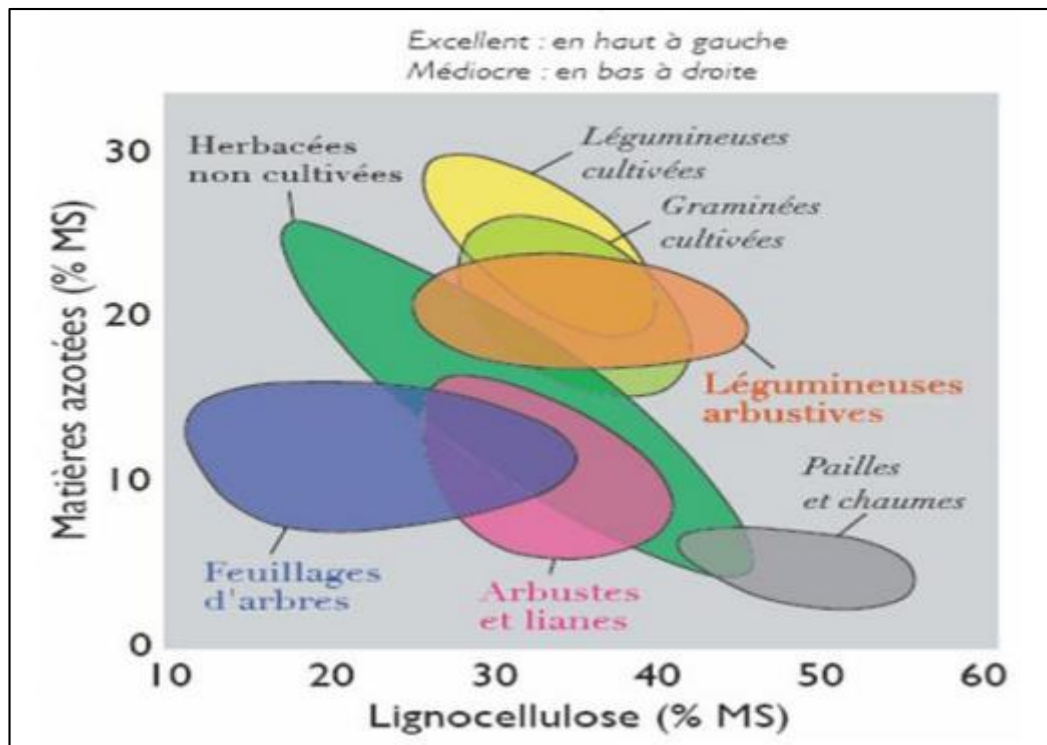
**Figure 11 :** Schéma d'une cellule végétale montre la structure de la paroi cellulaire (Daccord et Arrigo, 2003).

## 2.5. Les différentes ressources fourragères :

Les produits végétaux connus pour l'alimentation des animaux domestiques sont très variés. Ceux provenant du pâturage ou du pacage, sont prélevés directement sur pied par le cheptel, tandis que les fourrages représentent une forme différée de l'alimentation qui, après le prélèvement des plantes, implique leur transport jusqu'au lieu de consommation (Bouby, et Ruas, 2005). En sous-bois et sur les landes, les légumineuses arbustives (coronille, cytise, genêts...) sont aussi riches en matières azotées (autour de 20 %) et pas plus lignocellulosiques (25 à 45 %) que les graminées cultivées. Les autres arbustes (cornouillers, amélanchiers, aubépines...) et lianes (lierre, ronce, clématite...) ont deux fois moins de matières azotées (5 à 15 %) mais ils ne sont également pas plus lignocellulosiques que les herbacées cultivées. Les feuillages d'arbres (chênes, érables, châtaigniers, saules...) sont plutôt moins lignocellulosiques (10 à 35 %) que les graminées et légumineuses cultivées. Les pailles et chaumes, ainsi que les herbacés non cultivés devenues très mûres en fin de saison, sont les seuls à considérer comme des fourrages grossiers (INRA, 2006).



**Figure 12 :** Les aliments du bétail : formations végétales exploitées et produits fournis (Bouby et Ruas, 2005).



**Figure 13 :** Comparaison des valeurs nutritives des diverses ressources pâturées dans l'année (Meuret *et al.*, 1995 in INRA, 2006).

## 2.6. Les facteurs influençant la composition floristique :

La flore est susceptible d'évolution sous l'action du milieu. Il ne s'agit pas seulement du milieu « naturel » : climat, sol, saisons, mais aussi de celui modelé ou créé par l'homme : fertilisation et exploitation de l'herbe, irrigation, etc.

**2.6.1. La topographie :** C'est un facteur important, naturel, celui-ci, intervient sur la diversité floristique (Dury, 2006).

**2.6.2. Influence du climat :** Les précipitations sont très importantes pour le développement des végétaux mais un autre facteur intervient aussi, la température. En effet, les végétaux ont besoin d'une certaine "somme de température" pour pouvoir se développer et effectuer leur cycle de reproduction. Les seuils de démarrage des différents stades de développement sont définis par des sommes de températures : cela correspond à la somme des températures moyennes journalières supérieures à 0°C à compter du 1er janvier. Ainsi, les végétaux ne commencent à se développer que lorsque la somme des températures atteint 200°C. Par la suite, la floraison de chaque espèce correspond à une somme de température spécifique (Dury, 2006). Le milieu naturel peut en effet modifier la flore. Il a déjà indiqué que d'une saison à l'autre, l'aspect de la prairie et la part prise par chaque espèce présente dans la

production variait sensiblement. A cela s'ajoutent les modifications provoquées par le caractère météorologique dominant de chaque année : les plantes sensibles au froid seront éliminées lors d'un hiver très rigoureux. Les années humides favoriseront les joncs, les renoncules, les molinies, etc. (**Duthil, 1967**). Les conséquences de la sécheresse sont bien sûr en question avec la disparition de nombreuses espèces hygrophiles (**Dury, 2006**). La plupart des plantes prairiales pérennes des régions tempérées ont une efficacité de l'eau assez similaire, autour de 25 kg/ha de matière sèche par mm d'eau consommée (**Lemaire, 2008**).

**2.6.3. Fertilisation :** La différence entre l'ensemble des espèces recensées sur les 5 ans dans les parcelles non fertilisées par rapport aux parcelles fertilisées est de près de 40 espèces avec 140 espèces pour les parcelles non fertilisées contre 103 pour les parcelles fertilisées. Des phénomènes de compétition entre espèces apparaissent donc avec l'apport d'une fertilisation azotée sur la parcelle (**Dury, 2006**).

**2.6.4. Mode d'exploitation :** Les fauches précoces des prairies sont défavorables à leur biodiversité (**Baumont et al., 2009**). Cependant la valeur nutritive d'un fourrage diffère selon le mode d'exploitation, pâturage, fourrage en vert, foin ou ensilage.

# *Partie*

# *Expérimentale*

### 3. Matériel et méthodes :

#### 3.1. Objectif de l'étude :

Notre travail a pour but la caractérisation de la composition chimique d'une légumineuse spontanée soit *Hedysarum coronarium* (Linné, 1753), sous deux mode d'exploitation soit fourrage en vert récolté au début de la floraison et foin fauché et séché au soleil vers la fin du printemps au stade fin floraison, et cela dans trois zones soit Jijel, Mila et El Tarf.

Le choix des zones a été établie après une enquête sur le terrain auprès des éleveurs de la région de l'est afin de localisé les populations spontanées, homogènes et dont le mode d'exploitation de l'espèce est le même.

#### 3.2. Présentation des zones d'étude :

##### 3.2.1. La wilaya de Jijel :

##### 3.2.1.1. Situation géographique :

Wilaya côtière, Jijel se caractérise par une façade maritime de plus de 120km, jouissant d'une situation géographique qui lui confère une position de choix, très propice pour son développement et son ouverture sur les principaux centres d'intérêts économiques du bassin méditerranéen. Au plan des ressources, ce territoire recèle des potentialités appréciables, halieutiques, agricoles, forestières, hydriques, touristiques et minières jusque-là sous exploitées pour ne pas dire inexploitées. La wilaya de Jijel est limitée par :

- La mer méditerranée au Nord ;
- La wilaya de Skikda à l'Est ;
- La wilaya de Bejaia à l'Ouest ;
- Les wilayat de Sétif et de Mila au Sud.



**Figure 14** : Position géographique de la wilaya de Jijel (Wikipedia, 2016).

### **3.2.1.2. Le relief :**

La Wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux. Bien que l'altitude moyenne soit de 600 à 1000, on distingue principalement deux régions physiques :

- **Les zones de plaines** : Situées au nord, le long de bande littorale allant des petites plaines de Jijel, les plaines d'El-Aouana, le bassin de Jijel, les vallées de Oued Kébir, Oued Boussiaba et les petites plaines de Oued Z'hor.
- **Les zones de montagnes** : Elles constituent l'essentiel du territoire de la wilaya (82%) et sont composées de deux groupes :
  - ✓ **Groupe 1** : Zones moyennes montagnes situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya, caractérisée par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.
  - ✓ **Groupe 2** : Zones de montagnes difficiles situées à la limite sud de la wilaya, elles comportent les plus hauts sommets de la wilaya dont les principaux sont : Tamasghida, Tababour, Bouazza et Seddat.

### **3.2.1.3. Le climat :**

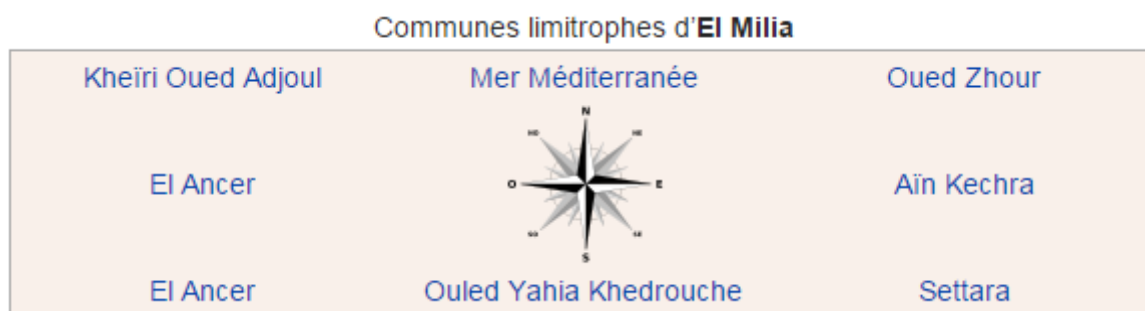
La région de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses d'Algérie. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen, pluvieux et froid en hiver, chaud et humide en été. Les températures varient entre 20C° et 35C° en été à 5C° à 15C° en hiver. La saison de pluie dure environs 6 mois. Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent.

### **3.2.1.4. Site de prélèvement :**

Le site de prélèvement de l'espèce en question est localisée dans la commune d'El Milia, elle se situe au nord-est de la wilaya de Jijel et appartient géographiquement au domaine du Massif de Collo.

La région d'El-Milia se caractérise par un relief montagneux très accidenté, les montagnes occupent 82 % de la superficie totale, elles culminent à 1 200 m. Caractérisé par un littoral vierge et des petites montagnes couvertes par des végétations assez denses et des sources d'eau.

Le climat de la région d'El-Milia est celui de la méditerranée caractérisé par un été chaud et un hiver doux et parfois agité, le climat est très humide. En été La température atteint les 40 °C, en hiver 0 °C.



**Figure 15 :** Position géographique de la commune d'El Milia (Wikipedia, 2016).

### 3.2.2. La wilaya de Mila :

#### 3.2.2.1. Situation géographique :

La wilaya de Mila est située dans le Nord-Est Algérien à 464 m d'altitude, et à 33 KM de la mer Méditerranée". Elle est aussi dans la partie Est de l'Atlas tellien, une chaîne de montagnes qui s'étend d'ouest en est sur l'ensemble du territoire nord du pays.

La wilaya est limitée :

- Au Nord-Ouest par la wilaya de Jijel ;
- Au Nord Est par la wilaya de Constantine ;
- A l'Ouest par la wilaya de Sétif ;
- A l'Est par les wilayas de Constantine et Skikda ;
- Au Sud Est par la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- Au Sud par la wilaya de Batna.



**Figure 16 :** Position géographique de la wilaya de Mila (Wikipedia, 2016).

#### 3.2.2.2. Le relief :

Le relief de la wilaya de Mila est structuré en trois ensembles morphologiques :

- Au nord, un ensemble de hautes montagnes, caractérisé par les altitudes très élevées et des pentes excessivement marquées ;
- Au centre, un ensemble associant vallées, collines et piémonts, voire même quelques hauts versants ;
- Au sud, un ensemble de hautes plaines (plaines et collines).

#### 3.2.2.3. Le climat :

La wilaya de Mila est régie par trois microclimats, calqués sur l'agencement des trois grands ensembles morphologiques.

- ✓ Humide, pour les reliefs montagneux du Nord et de la partie médiane, qui s'étend de Bouhatem à Aïn Tine ;
- ✓ Semi-aride à subhumide, pour la partie médiane de la wilaya (dépression et ses versants) ;
- ✓ Semi-aride, pour les « hautes plaines ».

#### 3.2.2.4. Site de prélèvement :

Au niveau de la zone de Mila, nous avons sélectionnés comme site de prélèvement la commune de Grarem Gouga, ou des populations spontanées de Sulla, poussent sur de

vaste superficies. La commune de Grarem Gouga est située au nord de la wilaya de Mila, la commune abrite deux forêts : Forêt des Mouias, Forêt de Tadrar, elle est caractérisé par un climat humide.



**Figure 17 :** Position géographique de la commune de Grarem Gouga (Wikipedia, 2016).

### 3.2.3. La wilaya d'El Tarf :

#### 3.2.3.1. Situation géographique :

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême Nord-est du pays, limitrophe de la métropole d'Annaba dont elle dépendait jusqu'à sa promotion au rang de wilaya en janvier 1985, elle est réputée pour sa nature généreuse, ses zones humides et son environnement, et elle mérite bien son appellation de "wilaya verte". La wilaya s'étend sur une superficie de 3 339 km<sup>2</sup> et le Chef-lieu de la wilaya se situe à 650 km à l'Est de la capitale.

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême nord-est de l'Algérie à la frontière tunisienne. Elle est délimitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée ;
- À l'est, par la Tunisie ;
- Au sud, par la wilaya de Souk Ahras ;
- Au sud-est, par la wilaya de Guelma ;
- À l'ouest par la wilaya d'Annaba.



**Figure 18 :** Position géographique de la wilaya de Mila (Wikipedia, 2016).

### 3.2.3.2. Le relief :

Le relief est composé de 3 ensembles : une bande littorale, une zone des plaines sub-littorale et une zone méridionale caractérisée par l'existence de reliefs montagneux.

### 3.2.3.3. Le climat :

Le climat de la wilaya est méditerranéen humide, marqué par une pluviométrie annuelle qui peut atteindre 1200mm.

### 3.2.3.4. Site de prélèvement :

Le site de prélèvement au niveau de cette zone est localisé au niveau de la commune d'El Tarf, cette dernière est caractérisée par un relief plat et un climat méditerranéen.

## 3.3. Périodes et méthode de prélèvement de prélèvement :

Le matériel végétal a été récolté durant deux périodes, correspondant à deux stades phénologiques distincts soit le stade début floraison et le stade fin floraison d'après l'échelle BBCH relative aux stades phénologiques des légumineuses (**Lancashire et al., 1991**), cependant, pour le premier stade Sulla est utilisée comme fourrage vert, alors pour le second stade c'est le foin de Sulla, ce dernier est prélevé après une étape de pré-fanage au soleil.

Au total dix échantillons ont été prélevés dans trois zones d'étude. La technique de prélèvement adoptée est celle dite en « Diagonale » en parcourant une parcelle homogène de 1Ha, et cela pour les deux stades phénologiques étudiés (le stade début floraison et le stade fin floraison). Une fois les échantillons prélevés, ils ont été emballés dans des sacs

en papier étiquetée (stade de prélèvement, date de prélèvement, lieu de prélèvement) et transportées directement au laboratoire. Après l'étuvage, ces échantillons ont été broyés dans un broyeur à travers une grille de 1mm de diamètre. Nous avons mélangé les dix broyats de chaque zone, et cela pour les deux stades en question, par la suite chaque échantillon dit homogène et représentatif a servi pour les analyses de la composition chimique à savoir la matière sèche (MS), la matière organique (MO), la matière minérale (MM), la matière azoté totale (MAT), la cellulose brut (CB), le calcium (Ca) et le phosphore (P).

Les résultats sont rapportés en % par rapport à la MS. Les analyses effectuées sont toutes conformes aux normes établies par l'INRA (**AFNOR Paris, 1985 cité par Jarrige, 1988**). Toutes les analyses ont été effectuées dans le laboratoire privé « Horizon » d'Annaba

### **3.4. Détermination la matière sèche :**

La matière sèche est déterminée après dessiccation de 5g de chaque échantillon dans une étuve à 105°C jusqu'à poids constant. La différence de poids correspond à la perte d'humidité et le résidu représente donc la teneur en matière sèche.

$$\text{MS (\%)} = \text{PS} / \text{PF} \times 100$$

MS : Matière sèche (en %)

PF : Poids frais (en g)

PS : Poids sec (en g).

### **3.5. La teneur en matière minérale :**

La matière minérale correspond au résidu obtenu après incinération de 5 g de chaque échantillon sec dans un four à moufle à 550°C pendant 6 heures. Les cendres sont pesées après refroidissement.

$$\text{MM (\%)} = \text{PS} / \text{PF} \times 100$$

MM : Matière minérale (en %)

PF : Poids frais (en g) ;

PS : Poids sec à la sortie du four (en g).

Le pourcentage de la matière organique s'évalue par rapport à la matière minérale :

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

MO : Matière organique (en %)

MM : Matière minérale (en %)

### **3.6. Détermination des protéines brutes totales :**

Les protéines sont dosées via le procédé Kjeldhal. Ce procédé est basé sur le principe de la transformation des matières organiques azotées en ammoniacque sous l'action de l'acide sulfurique concentré et bouillant et en présence d'un catalyseur. Il suffit ensuite de doser l'ammoniacque pour connaître la concentration en protéines brutes sachant que la teneur en protéines brutes totales vaut  $N \text{ Kjeldahl} \times 6,25$ .

### **3.7. Détermination de la cellulose brute :**

La méthode largement utilisée pour l'estimation de la cellulose brute est la méthode de **Weende, (1963)** : les matières cellulosiques sont le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide (acide sulfurique 0,26N) et l'autre en milieu alcalin (soude 0,23N). Les solutions sont appliquées proches du point d'ébullition, chaque traitement dure  $30 \pm 1$  mn. Le résidu est à chaque fois lavé à l'eau chaude et séché. Finalement, le résidu est calciné pendant 3 h à 550 °C dans un four à moufle (**AFNOR, 1982**).

### **3.8. Dosage de calcium :**

La détermination de la teneur en calcium est réalisée par titrage complexométrique à permanganate de potassium.

### **3.9. Dosage de phosphore :**

La teneur en phosphore est déterminée par dosage colorimétrique d'une solution d'acide chlorhydrique par le réactif nitrovanadomolybdique.

### **3.10. Analyse statistique :**

Les résultats sont présentés en moyennes± écart type sauf pour les minéraux, les différentes paramètres de la composition chimique, ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur, avec le test de Fisher LSD au seuil de signification  $p < 0,05$ . Les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel R 2.14.1.

## **4. Résultats et Discussion :**

### **4.1. Composition chimique de *Hedysarum coronarium* (Linné, 1753) au début de la floraison :**

La composition chimique de Sulla récolté au stade début floraison est présentée dans le tableau en dessous et exprimée en pourcentage de matière sèche.

#### **4.1.1. La matière sèche (MS) :**

Le pourcentage moyen de la MS exprimées en pourcentage (%) de la matière fraîche varie de  $26,41 \pm 0,51\%$  chez Sulla prélevée durant cette première période de la zone de Jijel à  $36,94 \pm 2,6\%$  pour Sulla de Mila, le fourrage vert de Mila à moins d'humidité que celui d'El Tarf et Jijel. Nos résultats sont largement supérieurs à ceux obtenu par **Arab et al., (2009)**, sur des échantillons de Sulla cultivée à Constantine ( $12,88 \pm 1,18\%$ ). Les taux élevés de MS sont également connus comme facteurs limitant de la digestibilité des fourrages (**Ammar et al., 2005**).

L'analyse de la variance, montre des différences hautement significatives entre les taux moyens de la matière sèche ( $p=0,000$ ).

#### **4.1.2. La cellulose brute (CB) :**

Pour la teneur en cellulose, les trois origines ont des niveaux différents, Sulla de la zone d'El Tarf avec un taux de  $12,72 \pm 0,2$  semble être la moins riche en cellulose brut en comparaison avec les deux autres origines, néanmoins, sous les conditions pédoclimatiques de la zone de Mila pousse le fourrage le plus riche en cellulose brut avec  $18,07 \pm 0,03\%$  de MS. Des taux similaires ont été signalé par **Kadi, (2012)** pour une population spontané *Hedysarum flexuosum* L dans la région de Tizi Ouzou alors que **Noutfia et al., (2012)** attestent que le taux de cellulose brute est de l'ordre de 20% de MS pour des écotypes provenant du Maroc, d'Espagne et d'Italie. Les conditions climatiques, le stade de récolte peuvent être à l'origine de ces différences.

L'analyse de la variance, montre des différences hautement significatives entre les taux moyens de la cellulose brut ( $p=0,000$ ).

#### **4.1.3. La matière minérale (MM) :**

Selon les données du tableau de la composition chimique de Sulla, Il apparait que la matière minérale varie de  $14,04 \pm 0,03\%$  de MS pour Sulla de Jijel et de  $15,66 \pm 0,03\%$  de MS

pour celle de Mila. Cependant, **Arab et al., (2009) et Kadi (2012)** signales des taux avoisinant (12% de MS), la nature du sol pourra expliqué ces différences.

Pour la matière minérale l'analyse de la variance à un critère de classification, montre des différences hautement significatives ( $p=0,000$ ).

#### **4.1.4. La matière organique (MO) :**

Il en ressort que le fourrage de l'*H. coronarium* de la zone de Jijel présente la valeur la plus élevée en matière organique soit  $85,96 \pm 0,04\%$  de MS en comparaison avec les deux autres zones. Néanmoins, **Selmi et al., (2010)** signalent qu'en Tunisie, Sulla est caractérisé par un taux plus élevé en MO soit  $90,5 \pm 0,35\%$  de MS Ceci pourrait être expliqué par le stade végétatif de la récolte (**Lancashire et al., 1991**).

L'analyse statistique, montre des différences hautement significatives entre les résultats de la MO ( $p=0,000$ ).

#### **4.1.5. La matière azotée totale (MAT) :**

Les teneurs en matière azotée des échantillons de Sulla montrent d'importantes variations avec des valeurs oscillant entre  $13,84 \pm 0,17\%$  de MS à Mila et  $19,29 \pm 0,09\%$  de MS à El Tarf en passant par  $18,74 \pm 0,05\%$  de MS à Jijel. **Arab et al., (2009)** attestent que , la légumineuse Sulla constitue une meilleure source en MAT (21.03% de MS). Nos résultats concordent avec ceux de **Selmi et al., (2010)** qui signalent un taux de  $19,8 \pm 4,02\%$  de MS pour la même espèce en Tunisie.

L'analyse statistique, montre des différences hautement significatives entre les résultats de la MAT ( $p=0,000$ ).

**Tableau 3 :** Composition chimique de Sulla au début de la floraison :

	Zone de Jijel	Zone de Mila	Zone d'El Tarf	P
<b>Matière sèche (MS %)</b>	26,41±0,51	36,94±2,6	29,21±0,25	<b>0,000***</b>
<b>Cellulose brute (CB%)</b>	14,06±0,33	18,07±0,03	12,72±0,2	<b>0,000***</b>
<b>Matière minérale (MM%)</b>	14,04±0,03	15,66±0,03	15,12±0,08	<b>0,000***</b>
<b>Matière organique (MO%)</b>	85,96±0,04	84,34±0,4	84,88±0,03	<b>0,001***</b>
<b>Matière azotée totale (MAT%)</b>	18,74±0,05	13,84±0,17	19,29±0,09	<b>0,000***</b>

#### **4.2. Teneur en éléments minéraux de Sulla au début de la floraison :**

##### **4.2.1. Teneur en phosphore de Sulla au début de la floraison :**

Les teneurs en éléments minéraux soit le calcium et le phosphore sont exprimées en g/kg de MS.

D'après les résultats du tableau suivant, on constate que pour le phosphore total, les valeurs sont comprise entre 1,59 et 3,52 g/kg de MS, la teneur maximale est caractéristique de Sulla récoltée de la zone d'El Tarf, alors que la teneur minimale est signalée sur les échantillons de la zone de Mila.

**Tedonkeng et al., (2004)**, attestent que la teneur en P de *Calliandra calothyrsus* légumineuse de l'ouest du Cameroun est faible aussi bien pour la saison sèche que pluvieuse, respectivement : 0.12 et 0.17 g/Kg de MS, alors qu' *Hedysarum coronarium*, légumineuse du Nord de l'Algérie a, toutefois, une teneur relativement plus élevée en P (2.9g/Kg de MS) (**Arab et al., 2009**).

#### 4.2.2. Teneur en calcium de Sulla au début de la floraison :

En ce qui concerne le second élément majeur soit le calcium, les valeurs enregistrées sont comprise entre 9,4 et 22,55 g/Kg de MS ; nous constatons que les concentrations en cet élément est différente entre les trois zones de prélèvements.

Nos résultats sont en accord avec ceux d'**Arab et al., (2009)** qui signalent que les fourrage du nord de l'Algérie en des teneurs élevées en calcium.

Le rapport phosphocalcique varie entre 4,47 et 14,18 ; néanmoins, pour des échantillons de Sulla prélevés de la zone de Constantine, le rapport était de 8 (**Arab et al., 2009**). Les taux phosphocalciques des fourrages sont élevés par rapport aux arbustes de (**Rogosis et al. 2005**).

**Tableau 4 :** Teneur en éléments minéraux de Sulla au début de la floraison :

Zones Paramètres	Zone de Jijel	Zone de Mila	Zone d'El Tarf
Phosphore total (P g/kg MS)	2,1	1,59	3,52
Calcium (Ca g/kg MS)	9,4	22,55	15,8
$\frac{Ca}{P}$	<b>4,47</b>	<b>14,18</b>	<b>4,48</b>

#### 4.3. Composition chimique du foin d' *H. coronarium* récolté vers la fin de la floraison :

La composition chimique du foin Sulla récolté au stade fin floraison est présentée dans le tableau en dessous et exprimée en pourcentage de matière sèche.

#### **4.3.1. La matière sèche (MS) :**

Le pourcentage moyen de la MS varie de  $80,33 \pm 0,76\%$  chez Sulla prélevée durant cette deuxième période de la zone de Jijel à  $82,33 \pm 0,3\%$  pour Sulla de Mila. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **Kadi, (2012)** sur des échantillons de foin de Sulla séché au soleil (88,5%).

L'analyse de la variance, montre des différences très significatives entre les taux moyens de la matière sèche ( $p=0,008$ ).

#### **4.3.2. La cellulose brute (CB) :**

Les teneurs en cellulose des échantillons de Sulla varient entre,  $20 \pm 0,03\%$  de MS à Jijel et  $25,29 \pm 0,2\%$  de MS à El Tarf. **Martiniello et al., (2000)** signalent des taux similaires sur le foin de Sulla cultivé en Italie (20,7 à 22,3% de MS).

L'analyse de la variance, montre des différences hautement significatives entre les taux moyens de la cellulose brute ( $p=0,000$ ).

#### **4.3.3. La matière minérale (MM) :**

Selon les données du tableau de la composition chimique de Sulla, Il apparaît que la matière minérale varie de  $17,47 \pm 0,06\%$  de MS pour Sulla de Mila à  $18,08 \pm 0,09\%$  de MS pour celle d'El Tarf. Cependant, **Martiniello et al., (2000)** notent un taux de 15,2% de MS en Italie, la richesse du sol pourra expliquer ces différences. En effet, Sulla est capable de mieux utiliser les ressources du sol, grâce à son développement végétatif, au nombre de tiges par unité de surface et à ses caractéristiques biologiques (**Martiniello et Ciola, 1994**).

Pour la matière minérale l'analyse de la variance à un critère de classification, montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les trois zones ( $p=0,57$ ).

#### **4.3.4. La matière organique (MO) :**

Il en ressort que le fourrage de l'*H. coronarium* de la zone de Jijel présente la valeur la plus élevée en matière organique comme le premier stade de récolte, soit  $82,72 \pm 0,07\%$  de MS en comparaison avec les deux autres zones. Néanmoins, **Martiniello et al., (2000)** signalent un taux de 84,8% de MS pour le Sainfoin une légumineuse fourragère du bassin méditerranéen.

L'analyse statistique, montre des différences hautement significatives entre les résultats du pourcentage de la MO de nos échantillons ( $p=0,000$ ).

#### 4.3.5. La matière azotée totale (MAT) :

Les teneurs en matière azotée des échantillons de Sulla montrent d'importantes variations avec des valeurs oscillant entre  $20,85\pm 0,05\%$  de MS à Jijel et  $15,90\pm 0,06\%$  de MS à El Tarf. **Noutfia et al., (2012)** signalent des taux qui varient de 13% à 25% de MS, pour la même espèce au Maroc. L'irrigation entraîne l'augmentation de la production de matière organique et de protéines brutes **Martiniello et al., (2000)**, donc probablement, en plus du stade de fauche, le climat humide de ces zones à contribuer à cette augmentation.

L'analyse statistique, montre des différences hautement significatives entre les résultats de la MAT ( $p=0,000$ ).

**Tableau 5 :** Composition chimique du foin de Sulla :

	Zone de Jijel	Zone de Mila	Zone d'El Tarf	P
<b>Matière sèche (MS %)</b>	$80,33\pm 0,76$	$82,33\pm 0,3$	$81\pm 0,30$	<b>0,008**</b>
<b>Cellulose brute (CB%)</b>	$20\pm 0,03$	$20,80\pm 0,04$	$25,29\pm 0,2$	<b>0,000***</b>
<b>Matière minérale (MM%)</b>	$17,94\pm 0,9$	$17,47\pm 0,06$	$18,08\pm 0,09$	<b>0,57ns</b>
<b>Matière organique (MO%)</b>	$82,06\pm 0,07$	$82,53\pm 0,02$	$81,92\pm 0,02$	<b>0,006**</b>
<b>Matière azotée totale (MAT%)</b>	$20,85\pm 0,05$	$19,88\pm 0,02$	$15,90\pm 0,06$	<b>0,000***</b>

#### 4.4. Teneur en éléments minéraux du foin de Sulla :

##### 4.4.1. Teneur en phosphore du foin de Sulla :

D'après les résultats du tableau suivant, on constate que pour le phosphore total, les valeurs sont comprises entre 4,25 et 7,16 g/kg MS, la teneur maximale est caractéristique de Sulla récoltée de la zone d'El Tarf, alors que la teneur minimale est signalée sur les échantillons de la zone de Jijel.

Grâce à son développement végétatif, au nombre de tiges par unité de surface et à ses caractéristiques biologiques, Sulla est capable de mieux utiliser les ressources du sol (Martiniello et Ciola, 1994).

##### 4.4.2. Teneur en calcium du foin de Sulla :

En ce qui concerne le calcium, les valeurs enregistrées sont comprise entre 10,25 et 21,95 g/Kg ; nous constatons que les concentrations en cet élément est différente entre les trois zones de prélèvements.

Nos résultats sont en accord avec ceux d'Arab *et al.*, (2009) qui signalent que le foin de dicotylédone est caractérisé par une teneur de 26,10 g/kg de MS en calcium.

Le rapport phosphocalcique varie entre 1,75 et 4,52 ; néanmoins, pour un foin mixte du nord d'Algérie Arab *et al.*, (2009) signale un taux de 4,30.

**Tableau 6 :** Teneur en éléments minéraux du foin de Sulla :

Zones Paramètres	Zone de Jijel	Zone de Mila	Zone d'El Tarf
Phosphore total (P g/kg de MS)	4,25	6,70	7,16
Calcium (Ca g/kg de MS)	10,25	21,95	12,59
$\frac{Ca}{P}$	4,52	3,27	1,75

Conclusion

## Conclusion

---

Les espèces annuelles spontanées des pâturages naturels, des jachères ainsi que des résidus des cultures jouent un rôle primordial dans l'alimentation des ruminants dans le monde entier et surtout en Algérie.

Notre contribution vise la comparaison de la composition chimique de l'espèce *Hedysarum coronarium* (Linné, 1753), récolté des trois zones de l'est algérien, et cela sous deux modes d'exploitation soit fourrage en vert au stade début floraison et foin fauché vers la fin du printemps au stade de fin floraison.

Les résultats relatifs à la composition chimique montre des différences importantes entre Sulla des trois zones et cela pour l'ensemble des paramètres analysés et durant les deux périodes d'étude.

Le fourrage vert de Sulla de la zone de Mila semble être le plus riche en MS, CB, et MM avec un le rapport phosphocalcique le plus important, cependant, Sulla de Jijel est la plus riche en MO avec une concentration en MAT acceptable, au même titre que Sulla provenant des plaines d'El Tarf.

Le foin de Sulla de la zone d'El Tarf est le plus riche en CB et MM, alors que celui de Jijel est caractérisé par les taux de MO, MAT et rapport phosphocalcique les plus importantes.

Cette étude montre que le stade de récolte ainsi que la région avec ses caractéristique pédoclimatiques, topographique et altitudinale influence la composition chimique de cette légumineuse fourragère spontanée.

Sulla pourrait contribuer à l'alimentation des ruminants à condition d'équilibrer dans une certaine mesure les rations vu leurs apports nutritionnels.

*Références*

*Bibliographiques*

- Abdelguerfi A., Chapot J. Y., Conesa A.P. 1988. Contribution à l'étude de la répartition des luzernes annuelles spontanées en Algérie selon certains facteurs du milieu. *Fourrages* 113 : 89-106.
- Abdelguerfi, A. (1989) Quelques réflexions sur la situation fourragère et pastorale en Algérie. In. "Constitution de réseaux thématiques de recherche agricole au Maghreb". (A. Birouk, A. Ouhsine, et. T. E. Améziane, eds.) Rabat, Maroc, 75-78.
- Abdelguerfi-Berrakia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., Guittonneau G.G. 1991. Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum* selon certains facteurs du milieu en Algérie. Département de Phytotechnie, I.N.A. El-Harrach, (Algérie). *Fourrages*. 126 : 187-207.
- Abdelguerfi A., Laouar M., Tazi M., Bounejmate M., Gaddes N.E. 2000. Présent et futur des pâturages et des légumineuses fourragères en région méditerranéenne. Cas du Nord de l'Afrique et de l'Ouest de l'Asie. *Options Méditerranéennes*. 45 : 461-467.
- Ammar H., Lopez S., Gonzalez J.-S., 2005. Assessment of the digestibility of some Mediterranean Shrubs by in vitro techniques. *Animal Feed Sciences and Technology*, 119, 223-331.
- Ameziane, T. E. et Berkat, O. (1989) Production Fourragère et pastorale au Maroc : bilan succinct des acquis et orientation des recherches. In. "Constitution de réseaux thématiques de recherche agricole au Maghreb". (A. Birouk, A. Ouhsine, et. T. E. Améziane, eds.) Rabat, Maroc, 83-87.
- APG (1998). An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the missouri botanical garden* 85, 531-553.
- Arab, H ; Haddi, M.L. ; Mehennaoui, S. 2009. Évaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones aride et semi-aride en Algérie ; *Sciences & Technologie* , 30 :50-58.
- Baatout H., 1991. - Le complexe d'espèces *Hedysarum spinosissimum* L. dans le bassin méditerranéen occidental: analyse de la structure génétique des populations, conséquences au niveau de la systématique des deux sous-espèces *capitatum* et *euspinosissimum* dans le genre *Hedysarum*. Thèse d'Etat. Orsay, France, Université Paris-Sud.

- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M. and Morand-fehr, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science* 64 (1) : 15-28.
- Baumont, R., Aufrere, J., Meschy, F. (2009). La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages* (2009) 198, 153-173.
- Ben Fadhel N., Afif M., Boussaïd M. 2006. Structuration de la diversité génétique de *Hedysarum flexuosum* en Algérie et au Maroc. Implications sur sa conservation. Laboratoire de Biotechnologie Végétale, Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie, BP 676, 1080 Tunis cedex, Tunisie. *Fourrages*. 186 : 229-240.
- Ben Jeddi, F., Zouaghi, M., et Behaeghe, T. (1998) Le sulla sauvage : biodiversité et création variétale. In "Actes du premier séminaire international sur la mobilisation, l'exploitation et la conservation des ressources naturelles", 387-397.
- Ben Jeddi F. 2005. *Hedysarum coronarium* L. : variation génétique, création variétale et utilisation dans des rotations tunisiennes. Doctorat en Sciences Biologiques Appliquées. Université de Gent, Faculté des Sciences en Bio-Ingénierie, Gent- Belgique .203p.
- Ben Jeddi F., Jammazi M. 2012. Caractérisation moléculaire d'une collection autochtone de Sulla du nord *Hedysarum coronarium* L. et estimation de la variabilité génétique par les marqueurs AFLP. *Journal of New Sciences*. 1(3) :13-22.
- Bigourdan, R. (1933) La culture du sulla. *La Tunisie agricole* 10, 156-160.
- Bœuf, F. et Tournieroux, A. (1904) "Culture des plantes fourragères à l'Ecole coloniale d'agriculture de Tunis de 1898 à 1904". *Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce*. (Imprimerie-Papeterie Moderne ed.), Tunis, 525-538.
- Bonciarreli F., Monotti M.(1976) - Una nuova varietà di sulla (*Hedysarum coronarium* L) *Rv. Di Agrn.* 10 :1-2.
- Bouby, L. et Ruas, M. (2005). Prairies et fourrages : réflexions autour de deux exemples carpologiques de l'Âge du Fer et des Temps Modernes en Languedoc. *Anthropozoologica*, 40 (1) *Publications Scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris. 109-145.
- Boussaïd M., Ben Fadhel N., Trifi-Farah N., Abdelkefi A., Marrakchi M. 1995 : "Les espèces méditerranéennes du genre *Hedysarum* L.", Prospero J.M., Guy P., Balfourier F. éds

., Ressources génétiques des plantes fourragères et à gazon, Bureau des Ressources Génétiques, Paris, France, 115-130.

- Bullita S., Bullita P., Saba P. 2000 : “Seed production and its components in sardinian germplasm of *H. coronarium* L. and *H. spinosissimum* L.”, Cahiers Options Méditerranéennes. 45 : 355-358.

- Clarde, C. 1990. Les adventices des cultures méditerranéennes en Tunisie : leurs plantules, leurs semences. Ministère de l’Agriculture, Tunisie/AGCD, Belgique. Publication agricole. 26 : 246-247.

- Clement, J. M. (1981). Dictionnaire des industries alimentaires. Ed. Masson, 1146P.

- Crocker G., Hackney B. 2008. Sulla. PRIMEFACT 745. © State of New South Wales through NSW Department of Primary Industries. PRIMEFACT No.745 : 1-4.

- Daccord, R., Arrigo, Y. (2003). L’analyse de la cellulose brute est-elle dépassée ? Station fédérale de recherche en production animale (RAP), 1725 Posieux.

- Daccord, R. (2005). Digestion chez les ruminants et digestibilité des fourrages. ant. Agroscope ALP, 1725 Posieux.

- Demarquilly, C., Andrieu, J. (1988). Les fourrages. In Alimentation des bovins, ovins et caprins, INRA Edition, Paris. p.315-335.

- Dury, B. (2006). Les prairies inondables du Val de Saône - Bilan des 5 années de suivis 2001-2005 - Service Agronomie, Gestion de l'espace et Environnement. 37P.

- Duthil, J. (1967). La production fourragère. Ed : Bailière et fils 373 P.

- Fanchone, A., Archimede, H., Boval, M. (2009). Comparaison de deux méthodes d’estimation de la digestibilité de fourrages verts ingérés au pâturage par des ovins : l’azote fécal et la spectroscopie dans le proche infrarouge. Renc. Rech. Ruminants, 16.

- Frame D. 2000. *Hedysarum coronarium* L, Leguminosae F.A.O.

- Gredaal, (2005). (Groupe de Recherche et d’Etude sur l’Agriculture en Algérie). Une première lecture des résultats préliminaires du recensement relatif aux élevages en Algérie.

- Greuter, W., H. M. Burdet et G. Long. (1989) - MED-CHECKLIST. Conservatoire & Jardin botaniques de la Ville de Genève. 4-108
- Grimaldi A. 1961. Osservazioni e ricerche morfobiologiche sopra la sulla (*Hedysarum coronarium* L.). Ann. Fac. Agr. Perugia. 16 : 3-28.
- Guerin, H. 1999. Valeur alimentaire des fourrages cultivés. In Roberge G., and Toutain B., eds. Cultures fourragères tropicales. Collection Repères, CIRAD, Montpellier, France. 93-141.
- Gutierrez-Mas JC. 1983. La Zulla. La reina de las forrajeiras de secano. Agricultura 11: 576- 677.
- Hannachi-Salhi A., Combes D., Baatout H., Figier J., Boussaid M., Marrakchi M., Trififarrah N., 2004. - Evaluation des ressources génétiques des espèces du genre *Hedysarum* dans le bassin méditerranéen. IPGRI – FAO, 130: 65 - 72.
- INRA, (1981). Alimentation des ruminants ; Ed I.N.R.A. France. Publications C.N.R.A, route de Saint-Cyr 78000 Versailles. 621 p. - INRA, (1979). Alimentation des bovins ; édition : I.T.E.B.
- Jarrige, R. (1988). Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA- Paris, 476 P.
- Lancashire P D, Bleiholder H, Van Den Boom R, Langeluddeke P P Stauss R, Weber E and Witzemberger A 1991 A Uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. Annale Biology 119: 561- 601.
- Lantinga, E.A., Duru, M. and Groot, J.C.J. (2002). Dynamics of plant architecture at sward level and consequences for grass digestibility: modelling approaches. In Proceedings of the 19th EGF meeting, Grassland Science in Europe 7: 45-55.
- Lazenby, A. (1988). The grass crop in perspective: selection, plant performance and animal production. In M.B. Jones, and A. Lazenby, eds. The grass crop. Sufflok : St Edmundsbury Press 311-360.
- Lemaire, G. (2008). Sécheresse et production fourragère ; Innovations Agronomiques (2008) 2, 107-123

- Martiniello P., Ciola A. (1994): "The effect of agronomic factors on seed and forage production in perennial legumes sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and French honeysuckle (*Hedysarum coronarium* L.), *Grass and Forage Sci.*, 49, 121-129.
- Martiniello P., Laudadio V., Pinto V., Ciruzzi B. 2000. Influence des techniques de culture sur la production du sulla et du sainfoin en milieu méditerranéen. *Fourrages* 161, 53-59.
- Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E., Samb P.I. 2002. Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., légumineuse fourragère. RESSOURCES ALIMENTAIRES. Revue Elev. ed. vet. Pays trop. 55 (1) : 47-52.
- Meuret M, Agreil C., 2006. Des broussailles au menu. Plaquette de synthèse des études de 1984 à 2006, 4p.
- Moore G., Sanford P., Wiley T. 2006. Perennial pastures for Western Australia. Sulla (*Hedysarum coronarium*). Herbaceous perennial legumes. Department of Agriculture and Food Western Australia, Bulletin 4690, Perth.
- Mould, F.L. (2003). Predicting feed quality R chemical analysis and in vitro evaluation. *Field Crops Research* 84: 31-44.
- Noutfia, A. Mrabet, R. El Mourabit, N. Ayadi M, El Othmani S. (2012). Characterization of a local germplasm of sulla (*Hedysarum coronarium*) in the north of Morocco, *Options Méditerranéennes*, A, no. 102, 229-232.
- Polunin, O. 1969. *Flowers of Europe*. London, Oxford University Press New York, Toronto.
- Pottier-Alapetite G., 1979. - Flore de la Tunisie. Angiospermes Dicotylédones. Apétales Dialypétales . Imprimerie Officielle de la République Tunisienne.
- Prosperi J.M., Guy P., Balfourier F. 1995. Ressources génétiques des plantes fourragères et à gazon. Edition, BRG : Bureau des Ressources génétiques et INRA : Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, France. PP 219.
- Quezel P., Santa S., 1962. - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, ed. Paris, France.

- Rogosic J., Pfister J.A., Provenza F.D., Grbesa D., 2005. Sheep and goat preference for and nutritional value of Mediterranean maquis Shrubs. *Small Ruminant Research* 64, 169-179.
- Rondia G., Dekker A., Jabbar M., Antoine A. 1985. Produire plus de grains et de lait en Afrique du nord. Projet ferme modèle de Frétissa : rapport final. Publications agricoles n : 5. Ministère de l'Agriculture de Tunisie et Administration Générale de la Coopération au Développement Belge. Bruxelles. 389 p.
- Salhi, H. (2009). Analyse de système alimentaire d'un troupeau ovin dans la zone de plaine du moyen Cheliff. *Thèse d'ingénieur en agronomie. Université HASSSIBA BEN BOUALI CHLEF*. 77P.
- Salhi, H., 2013. Valeur nutritive des espèces spontanées de la plaine du moyen Cheliff. Mémoire de Magister, Université Hassiba Ben Bouali, Cheliff, 160pp.
- Sauvant, D. (1988). La composition et d'analyse des aliments. In JARRIGE : Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. INRA. Paris. pp 305, 314.
- Schultze M, Kondorosi A. (1998) - Regulation of symbiotic root nodule development. *Annu. Rev. Genet.* 32 : 33-57.
- Selmi, H; Gasmi-Boubaker, A; Mehdi, W; Rekik, B; Ben Salah, Y et Rouissi H. (2010). Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'*Hedysarum coronarium* L, *Medicago truncatula* L, *Pisum sativum* L et *Vicia sativa* L. *Livestock Research for Rural Development* 22 (6).
- Slim S., Ben Jeddi F. 2011. Protection des sols des zones montagneuses de la Tunisie par le Sulla du Nord (*Hedysarum coronarium* L.). *Sécheresse* 22 : 117-24.
- Soltner, D. (1986). Alimentation des animaux domestiques. 17<sup>ème</sup> édition. Collection science et technique agricoles. 399P.
- Squartini, A., Struffi, P., Do ring, H., Seleska-Pobell, S., Tola, E., Giacomini, A., Vendramin, E., Velazquez, E., Mateos, P. F., Martinez-Molina, E., Dazzo, F. B., Casella, S., et Nuti, M. P. (2002) *Rhizobium sullae* sp. nov. (formerly *Rhizobium hedysari*): The root-nodule microsymbiont of *Hedysarum coronarium* L. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol* 52, 1267-1276.

- Talamucci P., Chaulet C. 1989. Contraintes et évolution des ressources fourragères dans le bassin méditerranéen. In Proceeding du 16ème Congrès International des Herbages, 3:1731-1740.
- Tedonkeng P.E., Kana J.R., Tedonkeng F., Betfiang M. E., 2004. Digestibilité in vitro de *Calliandra calothyrsus* en présence de Polyéthylène glycol et de *Brachiaria ruziziensis*, *Trypsacum laxum* ou *Pennisetum purpureum* au Cameroun. [Http://www.cipav.org.cp/irrd/irrd16/7/tedo16049.htm](http://www.cipav.org.cp/irrd/irrd16/7/tedo16049.htm)
- Terrill T.H., Rowan A.M., Douglas G.B., Barry T.N., 1992a. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *J. Sci. Food Agric.*, 58, 321-329.
- Terrill T.H., Douglas G.B., Foote A.G., Purchas P.W., Wilson G.F., Barry T.N., 1992b. Effect of condensed tannins upon body growth, wool growth and rumen metabolism in sheep grazing sulla (*Hedysarum coronarium*) and perennial pasture. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 119, 265-273.
- Van soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal function. *J. Dai. Sci*, 74: 3583-3597.
- Villax, E. J. (1963) "La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale". In. Les cahiers de la recherche agronomique. (INRA Rabat, Maroc, ed.), (17), 641p.
- Whitteman, P. C. (1980). *Tropical pasture science*; 2ème édition Rustica Paris, 177P.
- Wikipedia, the free encyclopedia, a free encyclopedia built collaboratively using wiki <https://en.wikipedia.org/>
- Zatout M., Berrekia R., Abdelguerfi A. 1989. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Trifolium* L. en Algérie : Répartition en fonction de quelques facteurs du milieu. In Proceeding du 16ème Congrès International des Herbages, Nice (France), 1 : 281-282.
- Zatout, M. (1995). Contribution B l'éfude de la répartition des espèces spontanées du *Trifolium* en Algérie. Thèse de Magister, INA El Harrach.