



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Option : Production et nutrition animale »

THÈME

**Analyse du Comportement agronomique des populations
naturelles de *Sulla coronaria* (L.) Medik en deux contextes
pédoclimatiques dans le Nord algérien**

Soutenu le : 03/10/2021

Présenté Par : M^{me} Sakhri Amira

Devant le jury composé de :

Boukhris Rafik	Maître de conférence	Président	UCBET
Atroun Souad	Maître de conférence	Examinatrice	UCBET
Slimani Ali	Professeur	Promoteur	UCBET
Achichi Imane	Enseignante associée	Co-promotrice	UCBET

Année universitaire 2020 - 2021

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A celle que je l'aime tant et sans limites, l'être la plus chère et la source de ma vie, à ma mère Zohra pour ses sacrifices, encouragement, qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect et amour que le dieu la garde.

A mon cher fils Mouayad

A mes très chères sœurs :

Sihem, Dalila, Samia et son mari Abd El Malek.

A mes très chers frères Hichem et Adel et sa femme Selma

A mes nièces Yasmine, Djinnane, Ilène, Dina et Sadjida.

A mes neveux AKRAM, WAEL et MOHAMED.

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous remerciant dieu qui nous aide et nous donne la patience et le courage d'accomplir ce Modeste travail.

Tout écrit requiert une évaluation par des experts reconnus.

*Tout d'abord j'adresse mes plus vifs remerciements à monsieur le Professeur **Slimani Ali** pour avoir accepté de m'encadrer. Pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Je remercie également ma co-directrice Docteur **Achichi Imane** pour son aide, ses conseils précieux et de son entière disponibilité.*

*Mes remerciements vont également à Mr **Boukhris Rafik** qui m'a fait l'honneur de présider le jury. Je remercierai aussi Mme **Atroun Souad** pour avoir accepté de siéger dans ce jury.*

Enfin, je souhaitais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ces formidables années universitaires.

Merci 

Résumés

Résumé

Afin de mieux reconnaître les légumineuses fourragères naturelles en Algérie, on a fait ce travail qui étudie le comportement agronomique des populations spontanées de *Sulla coronaria* (L.) Medik dans le nord-est algérien. Quatre populations choisies dans deux zones différentes, six paramètres ont été mesurés au stade floraison, l'analyse de la variance de ces paramètres a révélé un écart évident entre les deux zones et même intra chaque zone, en association avec les conditions climatiques. Cette légumineuse a approuvé son adaptation, résistance des conditions difficiles et qu'elle mérite d'être appréciée.

Mots clés : Légumineuses, sulla, comportement agronomique, fourrage, conditions climatiques.

Summary

To better recognize natural forage legumes in Algeria, we have done this work which studies the agronomic behaviour of spontaneous populations of *Sulla coronaria* (L.) Medik in the northeast of Algeria. Four selected populations in two different areas, six parameters were measured at the flowering stage, analysis of the variance of these parameters revealed a clear discrepancy between the two zones and even intra each zone, in association with climatic conditions. This legume has approved its adaptation, resistance to difficult conditions and deserves to be appreciated.

Key words: Legumes, sulla, agronomic behaviour, forage, climatic conditions.

المخلص

من أجل التعرف بشكل أفضل على البقوليات العلفية الطبيعية في الجزائر، قمنا بهذا العمل الذي يدرس الخصائص الزراعية لمجموعات طبيعية لنبات السلة في شمال شرق الجزائر. تم اختيار أربع مستوطنات طبيعية في منطقتين مختلفتين، تمت دراسة ستة معايير في مرحلة الإزهار، وكشف حساب الفرق لهذه المعايير عن وجود تباين واضح بين المنطقتين وحتى داخل كل منطقة وهذا بالارتباط مع الظروف المناخية. وقد أثبتت هذه النبتة قدرتها على التأقلم، تحمل الظروف الصعبة وينبغي ان تثمن.

الكلمات المفتاحية: البقوليات، السلة، الخصائص الزراعية، العلف، الظروف المناخية.

Liste des abréviations

- A: Argile ;
- Alt : altitude ;
- D.S.A. : Direction des services agricoles ;
- D/m² : Densité de peuplement ;
- F/T : Rapport feuilles/tiges;
- H : La hauteur des plantes ;
- L: Limon ;
- Lat N : latitude nord ;
- Long E : longitude est ;
- LSD : différence significative minimale ;
- P (mm) : précipitation ;
- Rdt S : Le rendement en biomasse sèche,
- Rdt V : Le rendement en biomasse verte ;
- S: Sable ;
- T MOY : température moyenne ;
- TMS% : Taux de matière sèche.

An orange scroll graphic with a gradient and rounded corners, featuring a shadow effect. The text is centered on the scroll.

*Liste des tableaux
et des figures*

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Caractéristiques écogéographiques des stations de collecte de <i>Sulla coronaria</i> (L.) Medik.	16
2	Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de la zone d'El-Tarf durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. d'El-Tarf)	18
3	Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de la zone de Souk-Ahras durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. de Souk-Ahras)	18
4	Les températures moyennes annuelles et mensuelles de la zone d'El-Tarf durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. d'El-Tarf)	19
5	Les températures moyennes annuelles et mensuelles de la zone de Souk-Ahras durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. de Souk-Ahras)	19
6	Humidité relative moyenne annuelle et mensuelle en % de la zone d'El-Tarf durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. d'El-Tarf)	20
7	Humidité relative moyenne annuelle et mensuelle en % de la zone de Souk-Ahras durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. de Souk-Ahras)	21
8	La vitesse moyenne annuelle et mensuelle du vent de la zone d'El-Tarf durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. d'El-Tarf)	21
9	La vitesse moyenne annuelle et mensuelle du vent de la zone de Souk-Ahras durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. de Souk-Ahras)	22
10	Les caractères évalués au cours de l'étude.	24
11	Synthèse des résultats de l'analyse de la variance et du test de Tukey chez les 4 populations des stations d'étude de <i>Sulla coronaria</i> (L.)	26

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	<i>Sulla</i> spontanée au stade Plantule floraison et graines en gousse articulée et décortiquées	11
2	Localisation géographique des stations de collecte de <i>sulla</i> (Google Maps)	17
3	Les densités moyennes des populations de <i>sulla</i> dans les deux zones d'étude	27
4	La croissance en hauteur chez les populations naturelles de <i>sulla</i> dans les zones d'étude	28
5	Variation de rapport F/T chez les populations naturelles de <i>sulla</i> dans les zones d'étude	29
6	Variation de rendement en biomasse verte (t/ha) chez les populations naturelles de <i>sulla</i> dans les zones d'étude	29
7	Variation de rendement en biomasse sèche (t/ha) chez les populations naturelles de <i>sulla</i> dans les zones d'étude	30
8	Variation de taux de matière sèche chez les populations naturelles de <i>sulla</i> dans les zones d'étude	31

Table des matières

Table des matières

<i>Dédicaces</i>	.....	i
<i>Remerciements</i>	.....	ii
<i>Résumés</i>	.....	iii
<i>liste des abréviations</i>	.....	v
<i>Liste des tableaux et des figures</i>	.....	vi
<i>Introduction générale</i>	.....	1

Partie I. Synthèse bibliographique :

I.1. Présentation de la situation fourragère en Algérie	.....	5
I.1.1. Contraintes de développement des fourrages en Algérie	.....	5
I.1.1.1. Contraintes naturelles	.....	5
I.1.1.2. Contraintes anthropiques	.....	5
I.1.1.3. Contraintes techniques	.....	5
I.1.1.4. Contraintes socio-économiques	.....	6
I.1.1.5. Contraintes législative et politique	.....	6
I.1.2. Perspectives de développement de la production fourragère	.....	6
I.2. Les légumineuses fourragères	.....	7
I.2.1. Intérêt des légumineuses fourragères	.....	7
I.2.1.1. Intérêt zootechnique et économique	.....	7
I.2.1.2. Intérêt agronomique	.....	8
I.2.1.3. Intérêt dans la lutte contre l'érosion	.....	8
I.2.1.4. Intérêt dans le maintien et l'enrichissement de la biodiversité	.....	9
I.3. <i>Sulla coronaria</i> (L.) Medik. légumineuse fourragère d'intérêt.	.....	9
I.3.1. Présentation de <i>Sulla coronaria</i> (L.) Medik	.....	9
I.3.2. Taxonomie	.....	10
I.3.3. Répartition géographique de l'espèce	.....	10
I.3.4. Exigences naturelles : Préférences édapho- climatiques	.....	12
I.3.5. Intérêt et importance	.....	12
I.3.5.1. Potentiel fourrager	.....	12
I.3.5.2. Valeur fourragère	.....	13
I.3.5.3. Intérêts environnementaux	.....	13
I.3.6. Etat de la recherche sur <i>Sulla coronaria</i> (L.) Medik	.....	13

Partie II. Étude expérimentale

CHAPITRE 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Présentation et localisation de la zone d'étude : Caractéristiques écogéographiques	.....	16
II.2. Climatologie de la zone d'étude (El-Tarf et Souk-Ahras)	.....	17
II.2.1. Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles	.....	17
II.2.1.1. Les précipitations moyennes mensuelles de la zone d'El-Tarf	.....	17
II.2.1.2. Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de la zone de Souk- Ahras	.....	18
II.2.2. Les températures moyennes annuelles et mensuelles	.....	18

II.2.2.1. Les températures moyennes annuelles et mensuelles de la zone d'El-Tarf	18
II.2.2.2. Les températures moyennes annuelles et mensuelles de la zone de Souk-Ahras	19
II.2.3. Le taux d'humidité annuelle et mensuelle	20
II.2.3.1. Le taux d'humidité de la zone d'El-Tarf	20
II.2.3.2. Le taux d'humidité moyenne annuelle et mensuelle de la zone de Souk-Ahras	20
II.2.4. La vitesse du vent	21
II.2.4.1. La vitesse moyenne annuelle et mensuelle du vent de la zone d'El-Tarf	21
II.2.4.2. La vitesse moyenne annuelle et mensuelle du vent de la zone de Souk-Ahras	22
II.3. Méthode d'échantillonnage et paramètres analysés	22
II.3.1. La densité de peuplement	22
II.3.2. Hauteur de la végétation	23
II.3.3. Le rapport Feuilles/Tiges (Rapport F/T)	23
II.3.4. Le rendement en biomasse verte	23
II.3.5. Le rendement en biomasse sèche	23
II.3.6. Le taux de matière sèche	23
II.4. Analyses statistiques	24

Partie II. Étude expérimentale

CHAPITRE 2. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Analyse des résultats de l'ANOVA	26
III.1.1. La densité moyenne des plants/m ²	26
III.1.2. La hauteur des plantes	27
III.1.3. Le rapport Feuilles/Tiges (F/T)	28
III.1.4. Le rendement en biomasse verte	28
III.1.5. Le rendement en biomasse sèche	30
III.1.6. Le taux de matière sèche	30

Partie III.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion et perspectives	33
----------------------------------	----

Références bibliographiques

Références bibliographiques	35
-----------------------------------	----

An orange scroll graphic with a gradient from light to dark orange, featuring a shadow and rounded corners. The text is centered on the scroll.

Introduction générale

En Algérie, le déficit chronique en lait ou en viande est dû essentiellement à une mauvaise alimentation du troupeau, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Cela est dû à un déséquilibre de la balance fourragère (ABBAS *et al.*, 2006 ; CHAKER-HOUD *et al.*, 2017). En effet, l'analyse de cette balance a permis de mettre en exergue la persistance d'un déficit fourrager de 4,71 milliards d'UF et un taux de couverture des besoins nutritifs de 58,45 % ayant des répercussions négatives sur les performances zootechniques des animaux et sur leur productivité, constituant ainsi, un obstacle au développement de l'élevage des ruminants (BENCHERCHALI, 2018).

Plusieurs contraintes sont à l'origine de ce déficit fourrager, essentiellement celles dues aux changements climatiques et l'utilisation à outrance des parcours naturels, liée essentiellement au défrichement, ainsi qu'au pâturage excessif (ABDELGUERFI, 2001). L'érosion génétique de nombreuses légumineuses spontanées (*Medicago*, *Hedysarum*, *Trifolium*, *Onobrychis*, *Scorpiurus...*), très appréciées par le bétail et bien adaptées aux irrégularités des facteurs du milieu (BEN FADHEL *et al.*, 2000) limite les ressources fourragères et accentue ce déficit. Des mesures de sauvegarde s'imposent donc, pour mieux exploiter ces taxons locaux et repeupler les parcours dégradés. Tout cela nous amène à chercher un matériel végétal qui s'adapte le plus à ces conditions. Dans ce but, le choix des légumineuses fourragères est fondamental, car elles comportent une multitude d'espèces intéressantes. Parmi ces légumineuses, une espèce suscite notre attention vue leur intérêt : le sulla.

Le grand intérêt du *Sulla coronaria* (*Hedysarum coronarium* L.), réside dans sa bonne qualité fourragère, caractérisée par une teneur élevée en protéines (28 %). Il est également réputé pour sa qualité de plante protectrice du sol contre l'érosion grâce à son couvert végétal bien développé, sa forme étalée (populations spontanées de l'Afrique du Nord) et son système racinaire touffu et profond (MOORE *et al.*, 2006 ; SLIM et BEN JEDDI, 2011). Le sulla soulève un intérêt croissant pour son excellent potentiel d'adaptabilité à des environnements marginaux, pour sa résistance à la sécheresse (BORREANI *et al.*, 2003 ; ANNICHIARICO *et al.*, 2008) et pour la re-végétalisation des terres perturbées (FLORES *et al.*, 1997).

En raison de tous ces intérêts que présente cette espèce, une meilleure connaissance du matériel végétal est nécessaire, l'objectif consiste à l'évaluation des potentialités agronomiques des populations spontanées de sulla en deux contextes pédoclimatiques dans le Nord algérien. Ainsi que, de caractériser leur comportement productif afin de valoriser, mieux exploiter, sauvegarder ainsi que promouvoir cette ressource naturelle.

Pour atteindre notre objectif, nous avons établi la démarche suivante en scindant le travail en parties complémentaires :

- dans **la première partie**, il nous est paru opportunité d'évoquer l'état des connaissances bibliographiques se rapportant au thème étudié. L'analyse bibliographique a porté essentiellement sur la présentation de l'espèce *Sulla coronaria* (L.), ses exigences naturelles son potentiel fourrager, sa qualité nutritionnelle et ses particularités environnementales; cette partie évoque aussi, la situation fourragère en Algérie.
- **la seconde** partie a été consacrée à l'étude expérimentale et au résultat obtenu et leurs discussions ;
- **la dernière partie**, est consacrée à la présentation des conclusions générales et les perspectives.

Partie I.

Synthèse bibliographique

I.1. Présentation de la situation fourragère en Algérie

En Algérie, le déficit chronique en lait ou en viande est dû essentiellement à une mauvaise alimentation du troupeau, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Cela est dû à un déséquilibre de la balance fourragère (ABBAS *et al.*, 2006 ; CHAKER-HOUD *et al.*, 2017). En effet, l'analyse de cette balance a permis de mettre en exergue la persistance d'un déficit fourragère de 4,71 milliards d'UF et un taux de couverture des besoins nutritifs de 58,45 % ayant des répercussions négatives sur les performances zootechniques des animaux et sur leur productivité, constituant ainsi, un obstacle au développement de l'élevage des ruminants (BENCHERCHALI, 2018).

I.1.1. Contraintes de développement des fourrages en Algérie

Plusieurs contraintes sont à l'origine du déficit fourragère en Algérie. Elles se résument essentiellement par la faiblesse des superficies emblavées, au manque d'eau et à la non maîtrise des techniques culturales (KADI et DJELLAL, 2009).

I.1.1.1. Contraintes naturelles

Dans notre pays les optima thermiques ne correspondent pas aux optima hydriques, car les précipitations se concentrent entre novembre et mars. L'existence, la durée de la période végétative, le rendement des prairies et des pâturages sont conditionnés par les pluies, dont l'efficacité agronomique reste très faible. En outre, l'effet de froids hivernaux est peu favorable à la production fourragère et les effets de forte chaleur estivale et souvent printanière limitent fortement la production des semences fourragères. L'irrigation des cultures fourragères est assez limitée, les sols de pâturage et ceux réservés à la production fourragère, sont généralement peu profonds et pauvres en matière organique. L'ensemble de ces contraintes biotiques et physiques conduit à une production des pâturages et des prairies très aléatoires et une production de semences encore plus incertaine (ABDELGUERFI *et al.*, 2000).

I.1.1.2. Contraintes anthropiques

Habitués depuis plusieurs siècles, au recours aux unités fourragères gratuites, beaucoup d'agro éleveurs ne ressent pas la nécessité de cultiver l'herbe pour leur troupeau (ABDELGUERFI, 1987).

I.1.1.3. Contraintes techniques

La première contrainte technique, semble être celle ayant trait à la semence fourragère et pastorale, En général le germplasma actuellement disponible sur le marché, n'est que de deux types : adapté mais non amélioré (local), ou amélioré, mais non adapté (introduit).

L'industrie de production de semences fourragères est presque inexistante, de ce fait, les fourrages cultivés sont très peu diversifiés (ABDELGUERFI et LAOUAR, 2000).

I.1.1.4. Contraintes socio-économiques

L'absence de l'investissement privé dans le secteur des semences, l'insuffisance du fond alloué à la réhabilitation des parcours et les activités se rapportant à leurs améliorations, constituent le frein essentiel de développement de la production des semences fourragères et pastorales (KHALDOUN et *al.*, 2001).

I.1.1.5. Contraintes législative et politique

L'Algérie, n'a pas institué une législation de certification de semence fourragère et pastorale, cependant, les règles de certification mise en place sont parfois contraignantes et ne tiennent pas compte des moyens et des techniques utilisés par les agriculteurs. Les efforts déployés restent assez limités en matière de promotion, de développement des cultures fourragères et des pâturages. Les actions incitatives sont souvent très limitées et inefficaces dans le secteur. Par ailleurs, l'absence de politique claire en matière de gestion et de développement des pâturages, constitue un frein à la demande en semences pastorales (NOUAD, 2001).

I.1.2. Perspectives de développement de la production fourragère

Les possibilités d'amélioration de la production fourragère en Algérie sont énormes. La politique agricole doit élaborer une stratégie qui définit les objectifs de production de semences fourragère, par le renforcement institutionnel des associations de producteurs, de la vulgarisation, de la recherche, ainsi que la liaison entre elles (SI-ZIANI et BOULEBERHAN, 2001).

La possibilité de réussite augmentera, si l'on utilise systématiquement les expériences acquises dans les conditions semblables notamment en Tunisie, où certaines innovations ont été introduites dans la pratique agricole, alors qu'elles restent encore plus au moins au stade initial ou expérimental en Algérie. Exemple de la culture de ray gras, betterave fourragère, arbustes fourragers et la généralisation de la culture des légumineuses fourragères telle que le **Sulla**. Le choix de ces espèces fourragères dans les programmes de développement agricole, doit être basé sur leurs adaptations au milieu naturel et social (ABDELGUERFI, 1987).

L'animal est le dernier maillon d'une chaîne. La maîtrise des aspects alimentaires du cheptel, le choix des races, voire du type d'animal (taille, Vocation...), à promouvoir par région agro-écologique sont des éléments à définir (HAMADACHE, 2000).

Le savoir scientifique des techniciens, ne doit pas nier celui des sociétés locales, ni brimer l'initiative de celle-ci. Une véritable campagne de sensibilisation, d'information et de vulgarisation doit être menée sur les différents aspects, se rapportant à la mise en place, la conduite et l'exploitation des cultures fourragères ainsi que la conservation des productions fourragères (CHEHAT, 2001).

I.2. Les légumineuses fourragères

La production fourragère doit avoir un choix plus diversifié en allant, entre autres, vers l'exploitation des espèces bien adaptées, et ne pas se contenter de quelques espèces, compte tenu de la variabilité de nos conditions pédoclimatiques et de nos systèmes de culture ; ainsi, que l'exploitation de nouvelles ressources fourragères est préconisée.

Les Légumineuses comportent de nombreux avantages qui rendent leur utilisation tout à fait justifiée, dans l'alimentation animale et dans l'intensification agricole. Elles sont donc particulièrement indiquées en Algérie, où le déficit fourrager est important (ABDELGUERFI-BERREKIA, 1985).

I.2.1. Intérêt des légumineuses fourragères

I.2.1.1. Intérêt zootechnique et économique

Toute production animale est basée sur les productions fourragères et/ou pastorales, par conséquent sans ces dernières ainsi que les sous-produits des cultures, il est difficile, de concevoir une production animale. Ainsi, toutes les productions animales trouvent leur essor grâce aux productions fourragères et/ou pastorales. Ces dernières sont donc à la base de la production de lait, des viandes, des cuirs, de laine et des poils. L'essor et le développement des industries de transformation des produits d'origine animale dépendent donc en grande partie des ressources fourragères et pastorales.

Il est important de mentionner que le développement des cultures fourragères et l'amélioration des productions pastorales contribuent au développement de la polyculture et à l'utilisation accrue du bétail sur les terres arables et sur les terres marginales. L'augmentation de la production de fumier de ferme permet un enrichissement des sols en humus et par conséquent une meilleure valorisation des actions d'intensification au niveau des cultures (ABDELGUERFI et LAOUAR, 2002).

Les légumineuses présentent une teneur élevée en protéines et en sels minéraux ; ce qui permet d'obtenir des performances animales élevées, tant au pâturage qu'avec des rations hivernales, et de faire des économies importantes d'aliments concentrés protéiques. Elles présentent également

des effets intéressants par rapport à la santé des animaux, à leurs rejets dans l'environnement et à la qualité du lait et de la viande (BAUMONT *et al.*, 2007).

Les légumineuses présentent également une teneur élevée en calcium plus que les graminées fourragères, mais des teneurs en sucre en plus faible. Outre, ils ont une digestibilité légèrement supérieure à celle des graminées, elle diminue également moins vite avec l'âge que celle des graminées.

I.2.1.2. Intérêt agronomique

Du point de vue agricole, l'intérêt des légumineuses est considérable, dans les assolements et rotation (FOURY, 1954).

Elles ont un rôle important dans l'amélioration des qualités physiques et chimiques des sols cultivés. Le système racinaire aère le sol de telle façon que la plante ultérieure pousse son système racinaire dans les petits canaux laissés par la plante précédente.

Elles présentent une grande productivité et une grande résistance à la sécheresse (COTTE, 1962).

Les légumineuses permettent, d'autre part, d'accroître la fertilité des sols, en les enrichissant en azote, par le biais de la fixation symbiotique. Les quantités d'azote fixées annuellement varient, selon les conditions, de 50 à 500 Kg/ha en pairies, sous un climat méditerranéen. Ceci présente donc un gain considérable.

Les légumineuses assurent, par ailleurs, un apport important de matière organique, au sol (ABDELGUERFI-BERREKIA, 1985). Elles renferment aussi une quantité importante d'azote, ceci est particulièrement intéressant dans les systèmes de production fourragère qui cherchent à diminuer l'emploi d'engrais azotés (BOUALEM et DJABALLAH, 1990).

I.2.1.3. Intérêt dans la lutte contre l'érosion

Les plantes fourragères et pastorales permettent de lutter contre l'érosion des sols de différentes manières (ABDELGUERFI et LAOUAR, 2002 ; CARROLL et SOMERVILLE, 2009 ; SLIM et BEN JEDDI, 2011):

- ✓ Les plantes pérennes ou à resemis naturel, en occupant le sol de façon continue, permettent d'éviter d'exposer le sol à l'érosion sous l'effet des travaux et des passages répétés des engins agricoles ;
- ✓ Les plantes pérennes, grâce à leur système racinaire puissant, protègent le sol contre l'action érosive des eaux ;
- ✓ Les plantes fourragères et pastorales, par l'enrichissement du sol en matière organique, améliorent la stabilité structurale du sol et le rendent ainsi moins sensible aux agents dégradants.

- ✓ Les cycles de formation et de dégradation des racines ont leur intérêt dans l'amélioration de la structure du sol et dans la lutte préventive contre l'érosion (LAPEYRONIE, 1982).

I.2.1.4. Intérêt dans le maintien et l'enrichissement de la biodiversité

La recherche d'une phytomasse fourragère n'exige nullement une pureté spécifique des cultures. Bien au contraire la richesse d'un fourrage en différentes variétés et espèces (d'intérêt fourrager) constitue un élément qualitatif hautement apprécié. Les éleveurs, depuis la nuit des temps, ont toujours apprécié le foin des prairies en se basant sur la diversité et le nombre des espèces appétentes qu'il contient.

Par conséquent, la diversité floristique des prairies, des parcours et des pâturages est fortement recherchée et constitue un élément de qualité. Ceci va dans le sens du maintien de la biodiversité, voire de son enrichissement.

D'une manière directe et/ou indirecte, l'augmentation de la production fourragère et l'amélioration de la production des zones marginales par l'utilisation d'espèces d'intérêt fourrager et/ou pastorales permettent :

- ✓ Une diversification et une augmentation du cheptel grâce à l'augmentation de la production fourragère et/ou pastorale ;
- ✓ Une augmentation et une diversification de la faune sauvage (pollinisateurs, oiseaux, herbivores...) grâce à l'augmentation de la quantité d'herbe, de fleurs et de semences ;
- ✓ Une augmentation et une diversification de la microflore des sols (bactérie, champignons...) grâce à l'augmentation du taux de la matière organique au niveau du sol (ABDELGUERFI et LAOUAR, 2002).

I.3. *Sulla coronaria* (L.) Medik. légumineuse fourragère d'intérêt.

I.3.1. Présentation de *Sulla coronaria* (L.) Medik

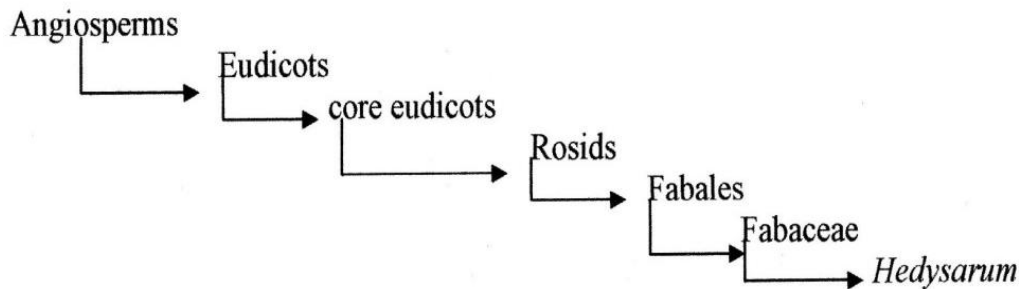
Sulla coronaria (L.) Medik, autrefois connu sous le nom *d'Hedysarum coronarium* (Linné, 1753) ou Sainfoin d'Espagne (ISSOLAH et al., 2012) est une fabacée fourragère pérenne endémique du bassin méditerranéenne (TALAMUCCI 1998 ; ISSOLAH et al., 2006). C'est une plante, Herbaceae, annuelle, ou pérenne, droite ou rampante peut atteindre jusqu'à 2 m (FRAME, 2000).

C'est une espèce diploïde ($2n = 16$ chromosomes) et allogame, elle est fortement enracinée, possède une racine de 2 m de longueur et de nombreuses racines secondaires. 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 et FRAME, 2000).

Les feuilles caduques sont alternées disposées dans 7 à 15 paires de feuillettes ovales ou arrondies et un feuillet terminal, ces feuilles se caractérisent par une surface lisse et une face 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 *et al.*, 1992 et FRAME, 2000).

I.3.2. 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 et 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 suite :



I.3.3. Répartition géographique de l'espèce

Une 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 (HYAM 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 (ROLLINS, 1940). 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 Baléares (SEMADENI, 1976) où il

est moins tolérant au froid que le sainfoin (*Onobrychis vicifolia* Scop.) malgré l'existence de certains types d'altitude (RIOS et al., 1992).



Sulla en floraison

Plantule de Sulla

Gousses

Graines décortiquées

Figure 1. Sulla spontanée au stade Plantule floraison et graines en gousse articulée et décortiquées (ACHICHI, 2014).

I.3.4. Exigences naturelles : Préférences édapho- climatiques

Le sulla est une fabacée fourragère bisannuelle à pérenne, endémique des sols argilo calcaires 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 (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 (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 températures beaucoup au-dessous de zéro (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).

I.3.5. Intérêt et Importance

I.3.5.1. Potentiel fourrager

Le sulla est considéré comme étant une des espèces fourragères les plus utilisés pour l'alimentation du bétail de part le monde (ABDELGUERFI ET RAMDANE, 2003). Par exemple, il est utilisé au sud de l'Italie et en Sicile comme foin, ensilage et fourrage vert. Leurs apports nutritionnels peuvent être comparables à ceux du trèfle et de la luzerne (BARRY, 1998). Le sulla est une espèce fourragère non météorisante et est pâturée par des animaux ruminants ou non (BASSENDOWSKI *et al.*, 1989), elle se caractérise par son haut potentiel de production de fourrage dans le bassin méditerranéen (TALAMUCCI *et al.*, 1998). Le HOUEROU (1965), obtenait en deuxième année jusqu'à 90 t/ha de matière verte de sulla coupé au stade floraison soit l'équivalent de 13 t/ha de matière sèche.

La recherche a permis de sélectionner des génotypes à haut potentiel de production qui dépassent les 17 t/ha en Tunisie (BEN JEDDI *et al.*, 1998) et 20 t/ha en Australie (LLOYD *et al.*, 2003). Ces nouveaux génotypes se caractérisent par une excellente teneur en protéines estimée à 19% de la matière sèche (BEN JEDDI, 2005).

STRINGI et *al.* (1991) ont montré qu'en Sicile, le sulla peut être pâturé à partir de mi-février jusqu'à fin mai. Certains auteurs, déconseillent le pâturage d'automne durant lequel la plante forme de nouvelles ramifications. Cette technique peut réduire la densité des plantes et par conséquent le rendement (KRISHNA et *al.*, 1990).

I.3.5.2. Valeur fourragère

Le Sulla est considéré comme un excellent fourrage, en raison de sa composition chimique. La valeur nutritive de sulla et sa digestibilité sont élevées (CHAKER-HOUD et *al.*, 2017). Il est riche en protéines brutes (28 %), cendres (MARTINIELLO et *al.*, 2000 ; CHAKER-HOUD et *al.*, 2017.) . La digestibilité est de 73 à 80 % environ (CROKER et HACKNEY, 2008 ; CHAKER-HOUD et *al.*, 2017).

I.3.5.3. Intérêts environnementaux

En plus de son haut potentiel de production fourragère, le sulla offre la possibilité d'améliorer la teneur en matière organique et de maintenir une richesse en azote du sol (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).

Grâce à son système racinaire puissant et pivotant, le Sulla offre l'avantage de protéger le sol contre l'érosion (WATSON, 1982) d'où l'intérêt de son installation dans les terrains marneux et accidentés très vulnérables à l'érosion (SLIM, 2004 ; SLIM et BEN JEDDI, 2011). En effet, l'installation du sulla en association avec l'atriplex 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. 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).

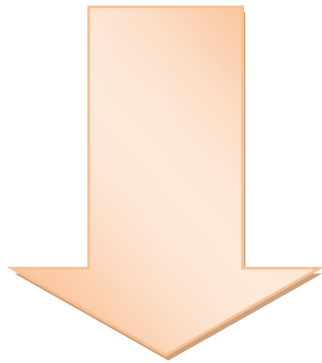
I.3.6. Etat de la recherche sur *Sulla coronaria* (L.) Medik

Le Sulla (*Sulla coronaria* L.), est une légumineuse à vocation fourragère, qui fait l'objet de plusieurs travaux de recherche depuis la deuxième moitié du siècle dernier. Ces travaux sont axés essentiellement sur :

- Distribution et autoécologie (ABDELGUERFI-BERREKIA (1985), ABDELGUERFI et LAOUAR (2000) ABDELGUERFI et *al.*, (2000), SQUARTINI et *al.*, (2002);

- Analyse de la variabilité morphologique ISSOLAH et KHALFALLAH, 2007 et 2010 ; GAAD *et al.*, 2012, RUISI *et al.*, 2011, ACHICHI *et al.*, 2018 et enzymatique (TRIFI-FARAH *et al.*, 1989);
- Biologie de la reproduction et physiologie SAOUALI (1992) et DJILALI (1993) YAKOUBI et CHRKI (2000), LE HOUEROU (2006) et SULAS et LEDDA (2008);
- Qualité fourragère et valeur nutritive (CHAKER-HOUD *et al.*, 2017);
- Résistance aux maladies et ravageurs (THAMI-ALAMI et EL-MAZOURI (2000), SOUTHWELL et CROCKER (2005) ;
- Symbiose et fixation azotée (BENGUEDOUAR *et al.*, 1997) et BENGUEDOUAR et SQUARTINI (2006).

Partie II
Etude expérimentale



CHAPITRE 1.
MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans le cadre de valoriser les ressources végétales naturelles d'intérêt fourrager et pastoral qui occupent une importante place dans la flore algérienne et afin d'utiliser de façon adéquate ce matériel végétal adapté nous avons procédé dans ce présent travail à l'évaluation des potentialités agromorphologiques des populations spontanées de *Sulla coronaria* (L.) Medik. **à travers l'évaluation d'une série de paramètres biométrique.**

L'objectif de cette étude est d'approfondir les connaissances sur cette espèce fourragère naturelle et d'évaluer leurs potentialités agromorphologiques afin de mieux valoriser et conserver cette ressource.

II.1. Présentation et localisation de la zone d'étude : Caractéristiques écotogéographiques

Notre étude a été réalisée dans deux contextes pédoclimatiques différents dans le Tell Nord oriental algérien, il s'agit de : plaines humides d'El Tarf (810 E, 3645 N) et les zones montagneuses de Souk-Ahras (756 E, 3616 N) (**Figure 2**).

L'aire de répartition du sulla de notre étude s'étend entre les longitudes 7 et 8° E pour une latitude 36° N. Les différents sites sont répartis selon l'échelle bioclimatique d'Hemberger entre l'étage, subhumide (Souk Ahras, dans la partie montagneuse) et l'étage humide à hiver doux (El Tarf en plaine). Leur altitude varie de 15 à 886 m et leur pluviométrie moyenne annuelle varie de 792,2 à 1059,6 mm. Les sols sont de texture fine à argileuse (**Tableau 1**)

Tableau 1. Caractéristiques écotogéographiques des stations de collecte de *Sulla coronaria* (L.) Medik.

N° station	Lieu	Coordonnées géographiques			Climat	Relief	Sol
		Lat N	Long E	Alt (m)			
P1	Souk Ahras	36.18	7.53	868	Subhumide	Montagne	L-S
P2	Souk Ahras	36.15	7.54	664	Subhumide	Montagne	S-L
P3	El Tarf	36.47	8.1	40	Humide	Plaine	A-L-S
P4	El Tarf	36.45	7.56	15	Humide	Plaine	A-L-S

A: Argile; L: Limon; S: Sable ; Alt : altitude ; Lat N : latitude nord ; Long E : longitude est.

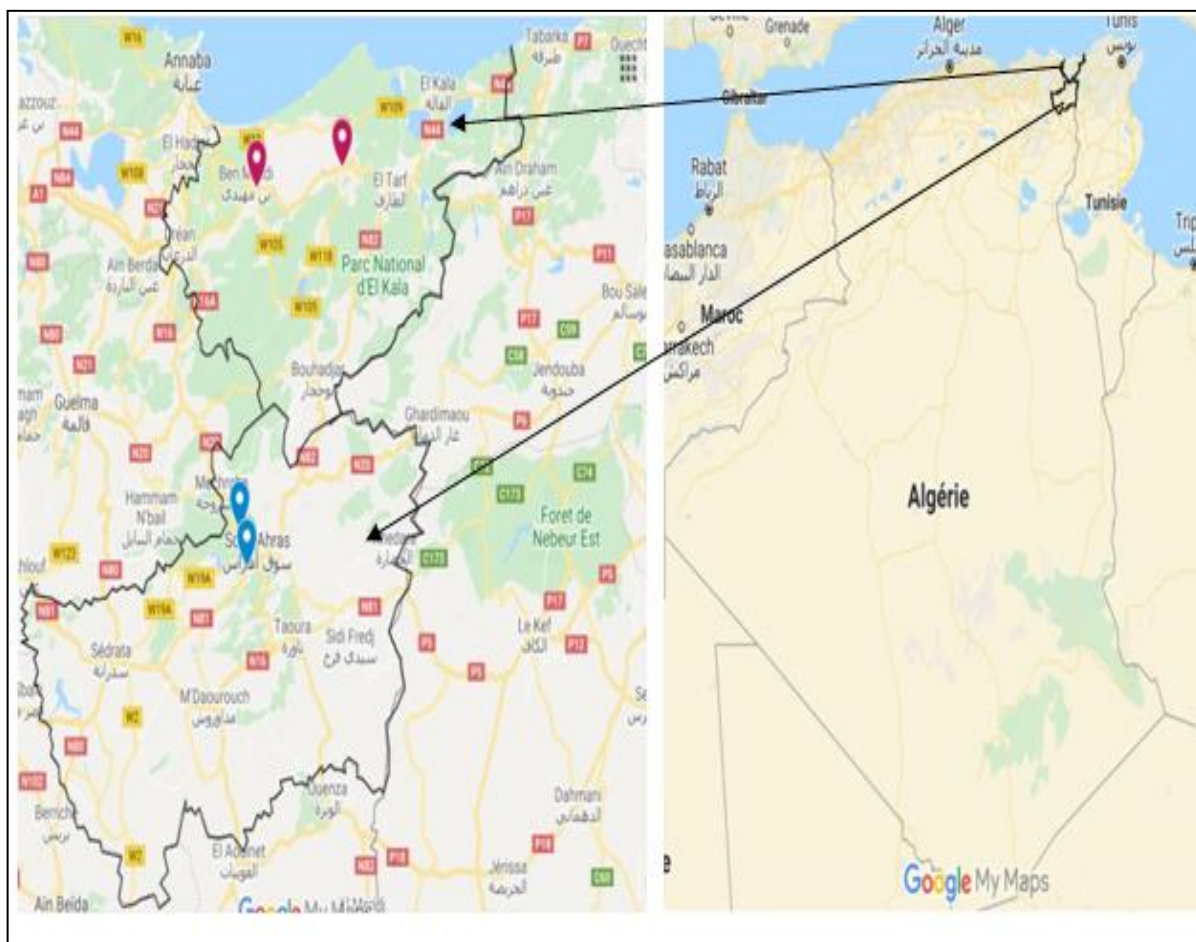


Figure 2. Localisation géographique des stations de collecte de sulla (Google Maps)

II.2. Climatologie de la zone d'étude (El-Tarf et Souk-Ahras)

Le climat de la zone d'étude est conditionné par sa situation géographique, l'influence de la mer Méditerranée d'une part, et du relief d'autre part. Les deux zones d'étude présentent des bioclimats différents à savoir : un climat subhumide au niveau des montagnes de la zone de Souk- Ahras, humide au niveau des plaines basses d'El Tarf.

II.2.1. Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles

II.2.1.1. Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de la zone d'El-Tarf

La moyenne des précipitations notées durant une période de 5 ans est de 1059,6 mm. Novembre est le mois le plus arrosé avec une moyenne de 192,7 mm.

L'année d'étude (prospection) 2020 se caractérise par des précipitations maximales de l'ordre de 191,3 mm enregistrées durant le mois de janvier et par des précipitations minimales de l'ordre de 0 mm enregistrées durant le mois d'août. Le cumul des précipitations noté durant cette année est de 1184,9 mm (**Tableau 2**).

Tableau 2. Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de la zone d'El-Tarf durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. d'El-Tarf).

Mois Années	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juillet.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	P (mm) annuelle
2016	120,8	98,6	137,6	49,9	32,1	21,7	2,3	0	35,7	91	185,5	194	969,2
2017	181	132,3	90	82,2	47,8	16,8	9,8	6,2	69,2	92,2	239,6	172,5	1139,6
2018	123,6	89,5	59,6	25,1	60,4	2,9	0	40	40	174	162,7	185,4	963,2
2019	189,5	95,7	155,4	10,4	64,9	0	0	18,8	82,9	85	195,8	142,7	1041,1
2020	191,3	92,3	147,1	107,9	25	6,3	14,5	0	99,8	133	179,9	187,8	1184,9
P mensuelle (mm)	161,2	101,7	117,9	55,1	46,04	9,54	5,32	13	65,52	115	192,7	176,5	1059,6

II.2.1.2. Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de la zone de Souk-Ahras :

La moyenne des précipitations notées durant une période de 5 ans est de 792,22 mm. Novembre est le mois le plus arrosé avec une moyenne de 117,34 mm.

L'année d'étude 2020 se caractérise par des précipitations maximales de l'ordre de 182,3 mm enregistrées durant le mois de décembre et par des précipitations minimales de l'ordre de 0 mm enregistrées durant le mois de juillet. Le cumul des précipitations noté durant cette année est de 1184,9 mm (**Tableau 3**).

Tableau 3. Les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de la zone de Souk-Ahras durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. de Souk-Ahras).

Mois Années	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juillet.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	P annuelle (mm)
2016	70,9	39,8	170	69,7	74,2	18	2,03	2,2	45,7	18	55,2	39,8	605,26
2017	146	81	80	52	6	4,2	1	0	41	44	184	96	735,2
2018	32	102,4	106	55,3	98,2	55,2	9,14	29,9	11,9	141	46,5	106,3	793,41
2019	249	141	86,3	108	23	0	1	16,8	135	76,3	125	123	1084,82
2020	52,6	3,8	127	53,2	28	3	0	24,5	63	29	176	182,3	742,4
P mensuelle (mm)	110,1	73,59	114	67,7	45,9	16,1	2,634	14,7	59,3	61,66	117,34	109,48	792,22

II.2.2. Les températures moyennes annuelles et mensuelles

II.2.2.1. Les températures moyennes annuelles et mensuelles de la zone d'El-Tarf

El-Tarf affiche de température en moyenne annuelle sur une période de 5 ans de l'ordre de 20,48 °C. Au mois d'août, la température moyenne est de 29,2 °C. Août est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne est de 13,8 °C à cette période (**Tableau 4**). L'année d'étude se caractérise par une

température moyenne mensuelle qui oscille entre 14 °C (durant le mois de janvier) et 29 °C (durant les mois juillet et août).

Tableau 4. Les températures moyennes annuelles et mensuelles de la zone d'El-Tarf durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. d'El-Tarf).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juillet.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	T MOY (°C) annuelle
2016	15	15	15	18	21	25	28	28	16	24	19	16	20
2017	12	24	16	17	22	27	30	31	26	22	17	14	21,5
2018	15	13	15	19	20	25	29	28	27	23	15	15	20,33
2019	13	13	15	17	19	27	29	30	26	23	17	16	20,42
2020	14	15	15	17	21	24	29	29	25	20	19	14	20,16
MOY (°C) mensuelle	13,8	16	15,2	17,6	20,6	25,6	29	29,2	24	22,4	17,4	15	20,48

II.2.2.2. Les températures moyennes annuelles et mensuelles de la zone de Souk-Ahras :

Souk-Ahras affiche de température en moyenne annuelle sur une période de 5 ans de l'ordre de 17,1 °C. Au mois d'Aout, la température moyenne est de 28,4 °C. Août est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne est de 8,12 °C à cette période (**Tableau 5**). L'année d'étude se caractérise par une température moyenne mensuelle qui oscille entre 8,9 °C (durant le mois de janvier) et 28,7 °C (durant le mois d'août).

Tableau 5. Les températures moyennes annuelles et mensuelles de la zone de Souk-Ahras durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. de Souk-Ahras).

MOIS Années	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juillet.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	T (°C) MOY annuelle
2016	10,2	10,5	10,70	15,9	18,30	23,6	27,5	26	21,8	20,4	13,5	10,4	17,4
2017	5,7	10	12	13,3	20,5	26,2	29,1	29,6	22,6	17,2	11,3	7,4	17,07
2018	9,9	7,1	11,3	15,2	17,1	22,5	29,4	29,9	23,8	16,8	12,7	10,3	17,17
2019	5,9	7,7	11	13,4	16,9	23	27,7	27,7	22,8	18,1	11	10,8	16,33
2020	8,9	12,1	11,7	13,6	17,2	25	27,9	28,7	22,8	17,6	15	9,4	17,5
TMOY (°C) mensuelle	8,12	9,48	11,3	14,3	18	24,1	28,32	28,4	22,8	18,02	12,7	9,66	17,1

II.2.3. Le taux d'humidité moyenne annuelle et mensuelle

II.2.3.1. Le taux d'humidité moyenne annuelle et mensuelle de la zone d'El-Tarf

La moyenne d'humidité relative notée durant une période de 5 ans est de 71,15 %. Elle oscille entre un minimum de 59,4 % durant le mois de juillet, et un maximum de 78,6 % durant le mois d'avril (**Tableau 6**). Au cours de l'année de prospection (2020) la moyenne mensuelle d'humidité relative varie entre un minimum de 64 % (juillet) et un maximum de 82 % (avril). La moyenne annuelle est de 73,92 %.

Tableau 6. Humidité relative moyenne annuelle et mensuelle en % de la zone d'El-Tarf durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. d'El-Tarf).

MOIS Années	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juillet.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Taux (%) d'Humidité relative annuelle
2016	74	76	75	78	71	63	60	62	71	67	70	77	70,33
2017	75	79	79	77	67	59	56	53	65	69	69	73	68,42
2018	75	78	77	78	77	68	60	65	68	68	70	75	71,58
2019	77	75	77	78	74	64	57	64	72	72	74	74	71,50
2020	75	76	79	82	75	71	64	65	74	74	75	77	73,92
Taux (%) d'Humidité relative mensuelle	75,2	76,8	77,4	78,6	72,8	65	59,4	61,8	70	70	71,6	75,2	71,15

II.2.3.2. Le taux d'humidité moyenne annuelle et mensuelle de la zone de Souk-Ahras

La moyenne d'humidité relative notée durant une période de 5 ans est de 63,66 %. Elle oscille entre un minimum de 39,28% durant le mois de juillet, et un maximum de 78,22 % durant le mois de décembre (**Tableau 7**). Au cours de l'année de prospection (2020) la moyenne mensuelle d'humidité relative varie entre un minimum de 42,2 % (août) et un maximum de 78,4 % (janvier). La moyenne annuelle est de 63,4 %.

Tableau 7. Humidité relative moyenne annuelle et mensuelle en % de la zone de Souk-Ahras durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. de Souk-Ahras).

MOIS Années	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juillet.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Taux d'Humidité relative moyenne annuelle (%)
2016	66,7	68,1	69,6	65,8	63,8	50,4	40,6	44,6	61,7	59,1	67,2	81	61,55
2017	81	70,4	66,1	63,7	51,1	44,5	37	35,2	49,2	63,9	70,2	78,4	59,2
2018	68	77,1	67,9	65	73,9	57	37,4	60,6	60,6	71,8	73,2	77,5	65,8
2019	83,9	76,3	72,2	74	67,4	53,2	37,6	54,6	71,8	73	79	76,8	68,32
2020	78,4	66,5	74,4	69	63,2	56,3	43,8	42,2	62,9	59	67,7	77,4	63,4
Taux (%) d'Humidité relative moyenne mensuelle	75,6	71,68	70	67,5	63,9	52,3	39,28	47,4	61,2	65,36	71,46	78,22	63,66

II.2.4. La vitesse du vent moyenne annuelle et mensuelle

II.2.4.1. La vitesse moyenne annuelle et mensuelle du vent de la zone d'El-Tarf

La vitesse moyenne annuelle durant les 5 ans est de 20,75 Km/h. Elle oscille entre 18,2 Km/h enregistrée durant le mois d'août et 24,8 Km/h enregistrée durant le mois de mars. En année d'étude (2020) elle varie entre 17 Km/h (en novembre) et 25 Km/h (en mars) où une moyenne annuelle de 19,42 Km/h est enregistrée (**Tableau 8**).

Tableau 8. La vitesse moyenne annuelle et mensuelle du vent de la zone d'El-Tarf durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. d'El-Tarf).

MOIS Années	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juillet.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	V du vent annuelle (Km/h)
2016	23	28	29	21	22	18	20	21	20	18	19	19	21,5
2017	26	21	22	19	21	19	21	18	18	19	22	22	20,67
2018	22	23	27	19	20	21	18	18	20	19	20	20	20,58
2019	31	22	21	23	22	17	19	16	17	19	26	26	21,58
2020	17	19	25	20	20	19	20	18	18	18	17	22	19,42
V du vent mensuelle (Km/h)	23,8	22,6	24,8	20,4	21	18,8	19,6	18,2	18,6	18,6	20,8	21,8	20,75

II.2.4.2. La vitesse moyenne annuelle et mensuelle du vent de la zone de Souk-Ahras :

La vitesse moyenne annuelle durant les 5 ans est de 13,4 Km/h. Elle oscille entre 11,9 Km/h enregistrée durant le mois d'août et 16,3 Km/h enregistrée durant le mois de mars. En année d'étude (2020) elle varie entre 9,8 Km/h (en novembre) et 15,3 Km/h (en mars) où une moyenne annuelle de 12,3 est enregistrée (**Tableau 8**).

Tableau 9. La vitesse moyenne annuelle et mensuelle du vent de la zone de Souk-Ahras durant 5 ans (2016/2020) (D.S.A. de Souk-Ahras).

MOIS Années	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juillet.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	V du vent annuelle (Km/h)
2016	12,9	16,9	16,4	13,5	12,8	13,30	12,3	13,1	12,3	11,5	10,9	10,7	13,05
2017	15,6	13,7	14,6	14	12	12,2	14,2	11,4	13,4	12,4	14,7	15,7	13,66
2018	19	15,1	20,4	12,5	13,2	13,6	12,8	11,6	12,5	13,8	11,9	12,7	14,1
2019	19,6	14,8	15	14,5	13,2	13,8	12,4	11,7	10,8	10,8	15,8	14,4	13,9
2020	10,8	12,1	15,3	14,4	13,5	13,7	10,9	11,5	10,9	11,1	9,8	13,3	12,3
V du vent mensuelle (Km/h)	15,58	14,52	16,3	13,8	12,9	13,3	12,52	11,9	12	11,92	12,62	13,36	13,4

II.3. Méthode d'échantillonnage et paramètres analysés :

Les mesures ont été réalisées au stade floraison durant la saison printanière de l'année 2020 d'après l'échelle B.B.C.H relative aux stades phénologiques des légumineuses (LANCASHIRE et *al.*, 1991).

Dans les deux zones d'étude, deux stations, de taille variable ont été sélectionnées pour étudier le comportement productif des populations spontanées et homogènes de sulla. Dans chacune de ces 4 stations, trente (30) individus ont été prélevés, d'une manière complètement aléatoire. Les paramètres retenus pour ce travail sont : le taux de couverture ou densité, la hauteur de la végétation, la biomasse fourragère verte et sèche, le rapport feuilles/tiges et le taux de matière sèche (**voir tableau 10**).

II.3.1. La densité de peuplement :

La densité (taux de couverture (Tc)) est égale au nombre de l'espèce par m². Ce paramètre est déterminé par un quadra métallique de 1 m², lancé aléatoirement dans les différentes parcelles à raison de 5 lancers par station, ensuite le contenu du quadra en sulla est dénombré sur place.

II.3.2. Hauteur de la végétation

La hauteur est la distance entre la limite supérieure du tissu photosynthétique principal de la plante et le niveau du sol (CORNELISSEN et *al.*, 2003 ; PEREZ-HARGUINDEGUY et *al.*, 2013). Elle a été mesurée avec un mètre ruban gradué en cm.

II.3.3. Le rapport Feuilles/Tiges (Rapport F/T)

Les poids frais des tiges et des feuilles ont été déterminés par un simple pesage à l'aide d'une balance de précision, cela va servir à la détermination de la valeur du rapport F/T.

II.3.4. Le rendement en biomasse verte

Des échantillons de fourrage sont prélevés pour l'évaluation de la biomasse. À cet effet, un quadra de 1m² a été lancé de manière aléatoire dans les différentes parcelles à raison de 5 lancées. Le contenu du quadra a été fauché et pesé immédiatement à l'aide d'une balance électronique de précision, pour la détermination de la biomasse fraîche.

II.3.5. Le rendement en biomasse sèche

Au laboratoire, un échantillon de 500 g de plantes/quadra fraîchement coupées a été placé dans une étuve ventilée à 80 °C pendant 72 h. Cet échantillon a servi à la détermination des poids secs par une balance de précision.

II.3.6. Le taux de matière sèche

La matière sèche (MS) constitue la partie d'un produit végétal qui reste une fois que l'eau en a été totalement extraite. Elle est déterminée par séchage à l'étuve ventilée de l'échantillon à 70 °C jusqu'au poids constant.

La teneur en matière sèche est donnée par la relation suivante

$$\text{MS \%} = \frac{PS}{PF} \times 100$$

PF : poids frais de l'échantillon

PS : poids Après dessiccation à l'étuve

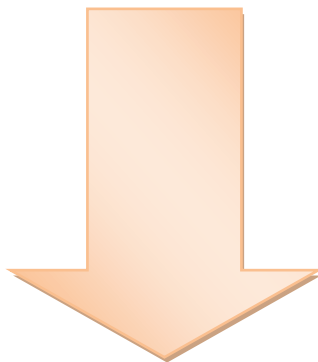
Tableau 10. Les caractères évalués au cours de l'étude.

Caractères	Mode d'appréciation
D/m ² : Densité de peuplement	Comptage du nombre de plantes à l'intérieur d'un cadre métallique de 1 m ² , à raison de 5 lancers par station.
Caractères biométriques	
H : Hauteur de la plante	Mesures à l'aide d'un ruban gradué (en cm)
F/T : Rapport feuilles/tiges	Rapport entre les poids frais de feuilles et de tiges pour chaque plante échantillonnée
Analyse des caractères agronomiques	
Rdt en vert (Rdt V): rendement en biomasse verte aérienne	Pesée par 1 m ² convertie en t/ha avant et après étuvage à 80°C pendant 72 h (balance de précision)
Rdt en sec (Rdt S) : rendement en biomasse sèche aérienne	
Taux MS : Taux de matière sèche	Rapport entre le poids sec et le poids frais x 100 (en %)

II.4. Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur de classification selon la procédure du modèle linéaire général (GLM) du logiciel Minitab version 16, et cela pour chaque caractère prise en compte dans cette étude en fonction des stations. Le test de Tukey a été utilisé pour la comparaison multiple des moyennes au seuil de 5 %.

Partie II
Etude expérimentale



CHAPITRE 2.
RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Analyse des résultats de l'ANOVA

Le **tableau 11**, rapporte les résultats de l'ensemble des paramètres des 4 populations de *Sulla* pris en compte dans cette étude. L'analyse de la variance au seuil 5 % des caractères étudiés révèle **des différences hautement significatives entre les populations de *sulla* des deux zones, et même entre les stations d'une même zone** : le *Sulla* s'est caractérisé par **une grande diversité biologique**.

Tableau 11. Synthèse des résultats de l'analyse de la variance et du test de Tukey chez les 4 populations des stations d'étude de *Sulla coronaria* (L.)

Zone d'étude	Souk-Ahras		El-Tarf		LSD	
	P1	P2	P3	P4	Zones	Station (zone)
Stations (populations)						
D/m²	14,2(b)	11,4 (b)	23,8(b)	55,8(a)	0,000***	0,000***
H (cm)	56,65 (c)	79,06 (b)	132,7 (a)	80,83 (b)	0,000***	0,000***
Rapport F/T	0,2 (b)	0,23 (b)	0,31(a)	0,3 (a)	0,000***	0,12 ^{NS}
Rdt V t/ha	5,68 (b)	8,13 (b)	27,1 (a)	8,73 (b)	0,000***	0,001***
Rdt S t MS/ha	1,3 (b)	1,64 (b)	4,72 (a)	1,5 (b)	0,002**	0,001***
TMS %	24,02 (a)	20,35(ab)	17,56 (b)	17,18 (b)	0,004***	0,21 ^{NS}

D/m² : Densité de peuplement ; H : La hauteur des plantes ; F/T : Rapport feuilles/tiges; Rdt V : Le rendement en biomasse verte ; Rdt S : Le rendement en biomasse sèche ; TMS% : Taux de matière sèche % ; LSD : différence significative minimale, *** : très hautement significative, NS : non significative.

III.1.1. La densité moyenne des plants/m²

A l'état naturel *sulla* pousse en touffe ce qui explique les densités moyennes des plantes qui varient considérablement d'une zone à une autre et ceux-ci en fonction des conditions pédoclimatiques.

Des valeurs importantes ont été enregistrées sur les sols lourds de la zone d'El Tarf (56±15,2 plantes/m²). Cependant, une densité faible (11±2,6 plantes/m²) a été enregistrée à Souk Ahras où la texture est fine avec des conditions environnementales contraignantes (compétition et pente des sols) (**Figure 3**). Des densités moyennes de 11 à 44 plantes/m² avaient été relevées par ACHICHI et *al.*, (2018) à Souk Ahras et El Tarf respectivement, mais il faut signaler qu'ils ont enregistré une densité moyenne importante de 60 plantes/m² sur une population de Souk Ahras.

Ce paramètre est intéressant car il révèle un pouvoir adaptatif (installation) et compétitif (disparition) de cette espèce dans les conditions extrêmes.

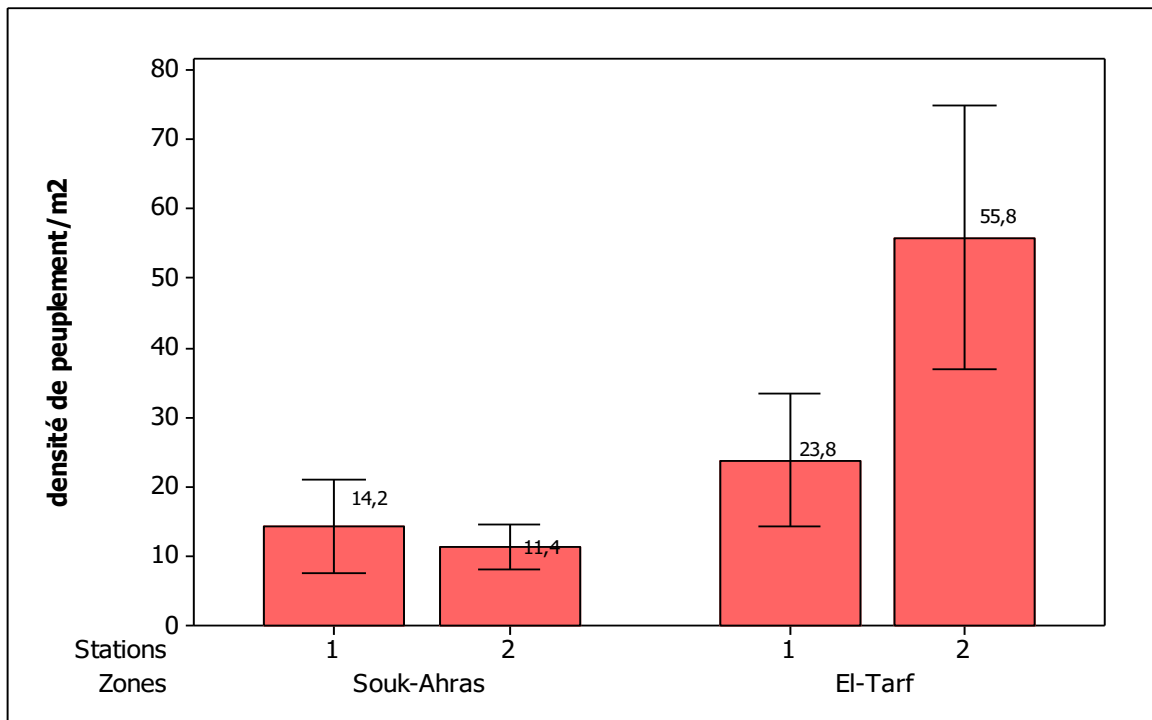


Figure 3. Les densités moyennes des populations de sulla dans les deux zones d'étude.

III.1.2. La hauteur des plantes

Les meilleures croissances en hauteur ont été enregistrées dans l'une des deux stations d'El Tarf (zone humide) avec $132,7 \pm 33,3$ cm ; ainsi que les plus faibles ont été notées dans les populations de Souk Ahras $56,6 \pm 11,1$ cm (**Figure 4**). Des hauteurs moyennes de 40 cm et 77 cm avaient été relevées par ACHICHI et *al.*, (2018) à Souk Ahras et El Tarf respectivement, mais BEN JEDDI (2005) a signalé une population qui n'a pas dépassé les 32 cm en Tunisie et RUISI et *al.*, (2011) ont relevé une moyenne de 26 cm dans un ensemble de 36 populations naturelles siciliennes. GAAD et *al.*, (2012) ont mentionné une moyenne plus faible encore (22 cm) pour 29 populations algériennes cultivées.

Les températures douces et la bonne pluviométrie de la plaine d'El-Tarf ont certainement favorisé la croissance des populations comparativement à la zone Souk Ahras.

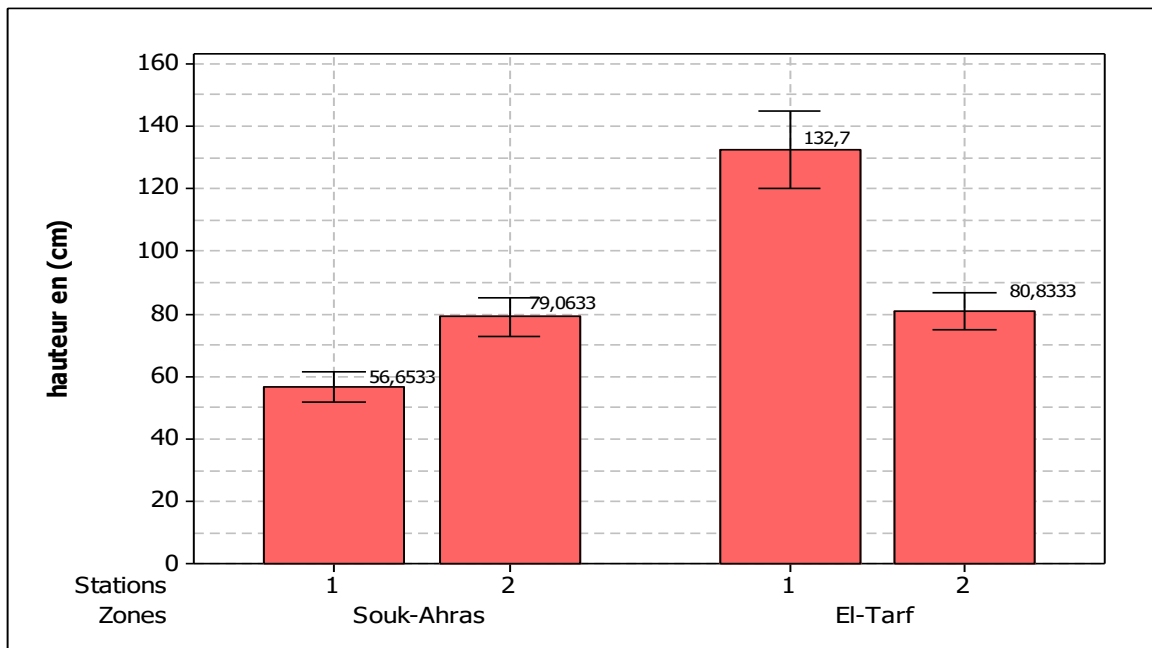


Figure 4. La croissance en hauteur chez les populations naturelles de sulla dans les zones d'étude.

III.1.3. Le rapport Feuilles/Tiges (F/T)

Les valeurs mesurées du rapport F/T oscillent entre $0,2 \pm 0,03$ dans les sols légers de Souk Ahras et $0,31 \pm 0,02$ dans les sols lourds d'El Tarf (**Figure 5**). BEN JEDDI (2005) mentionnait des valeurs relativement proches variant de 0,4 à 0,9. En revanche, ACHICHI *et al.*, (2018) ont noté des valeurs moyennes nettement plus importantes de 0,74 à 1,51. Un rapport supérieur à 1 signifie que les plantes ont investi plus dans la production de feuillage que de tige, ce qui convient bien pour l'affouragement en vert. Il est d'autant plus important qu'il influe sur la digestibilité du fourrage (BEN JEDDI, 2005).

III.1.4. Le rendement en biomasse verte

Concernant les paramètres de production du sulla, les meilleurs rendements en fourrage vert ont été enregistrés dans l'une des deux stations d'El Tarf avec $27,1 \pm 10,5$ t/ha, alors que les plus faibles ont été de $5,7 \pm 1,8$ t/ha à Souk Ahras (**Figure 6**). ABDELGUERFI-LAOUAR *et al.*, (2002) ont enregistré un rendement moyen de trois populations étudiées de sulla plus important de 56,16 t/ha.

Généralement, les rendements du sulla sont influencés par les densités des plantes au m^2 et par la compétition (nutriments, température).

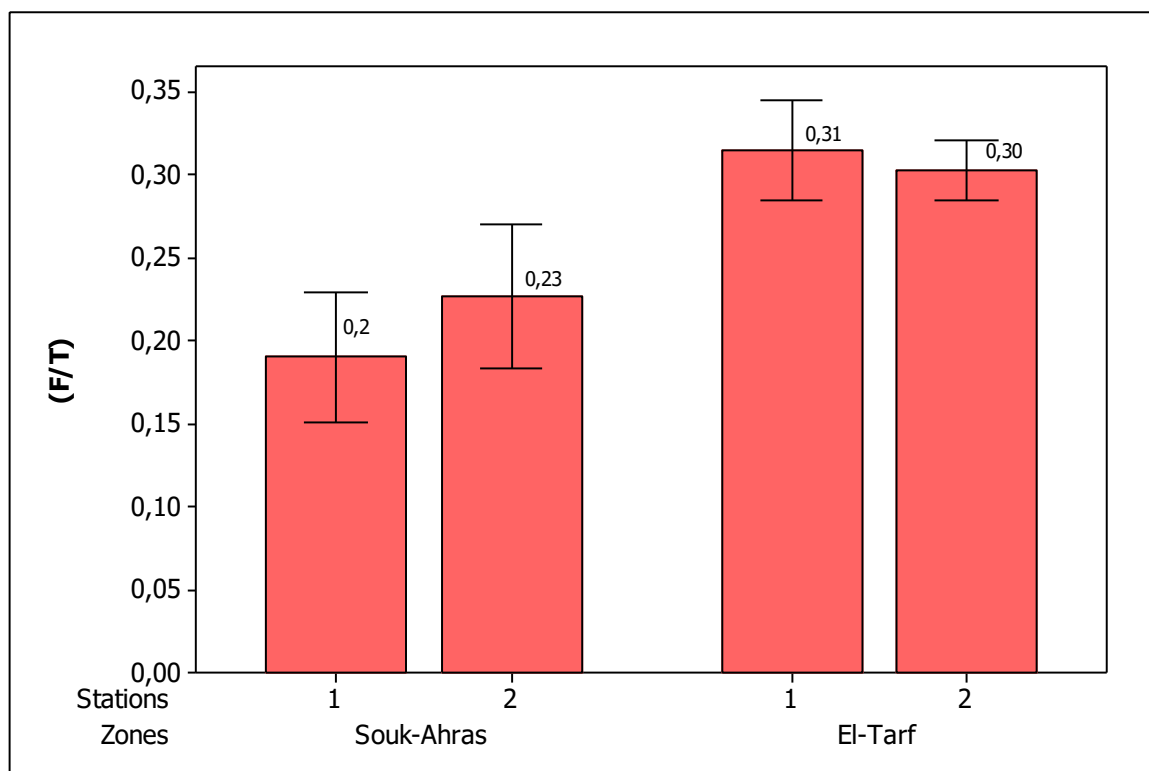


Figure 5. Variation de rapport F/T chez les populations naturelles de sulla dans les zones d'étude.

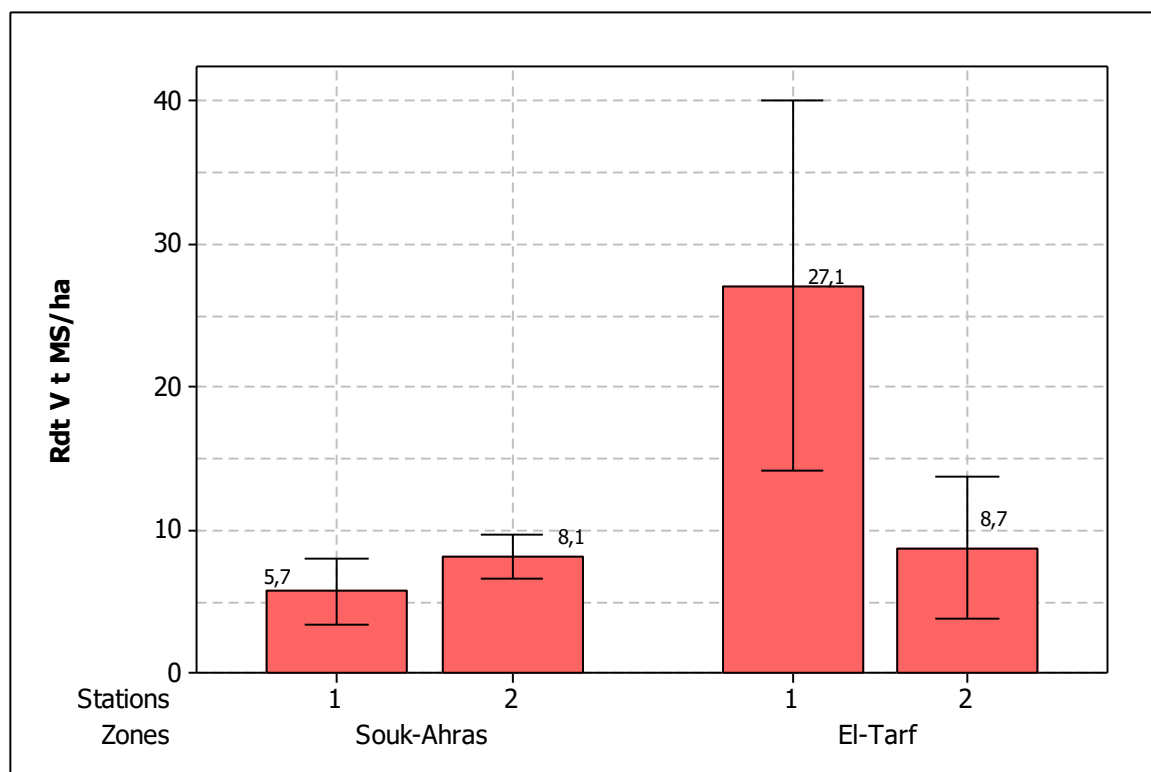


Figure 6. Variation de rendement en biomasse verte (t/ha) chez les populations naturelles de sulla dans les zones d'étude.

III.1.5. Le rendement en biomasse sèche

On retrouve aussi des différences significatives sur le rendement en biomasse sèche avec $1,3 \pm 0,2$ t MS/ha dans les montagnes de Souk Ahras et, à l'opposé, $4,7 \pm 1,8$ t MS/ha à El Tarf (**Figure 7**). Des rendements similaires qui sont compris entre 0,9 et 5,5 t MS/ha ont été rapportés par Slim et *al.*, en 2012 en Tunisie. ABDELGUERFI-LAOUAR et *al.*, (2002) ont enregistré des rendements plus importants de 2,6 à 9,06 t Ms/ha. Par contre, Lombardi et *al.*, (2000) ont enregistré des rendements très faibles variants entre 0,35 et 0,43 t MS /ha.

La production de biomasse sèche est influencée, outre les conditions environnementales, par le cycle de la plante, le mode de conduite adopté et la variété utilisée (BORREANI et *al.*, 2000 ; SULAS et *al.*, 2000).

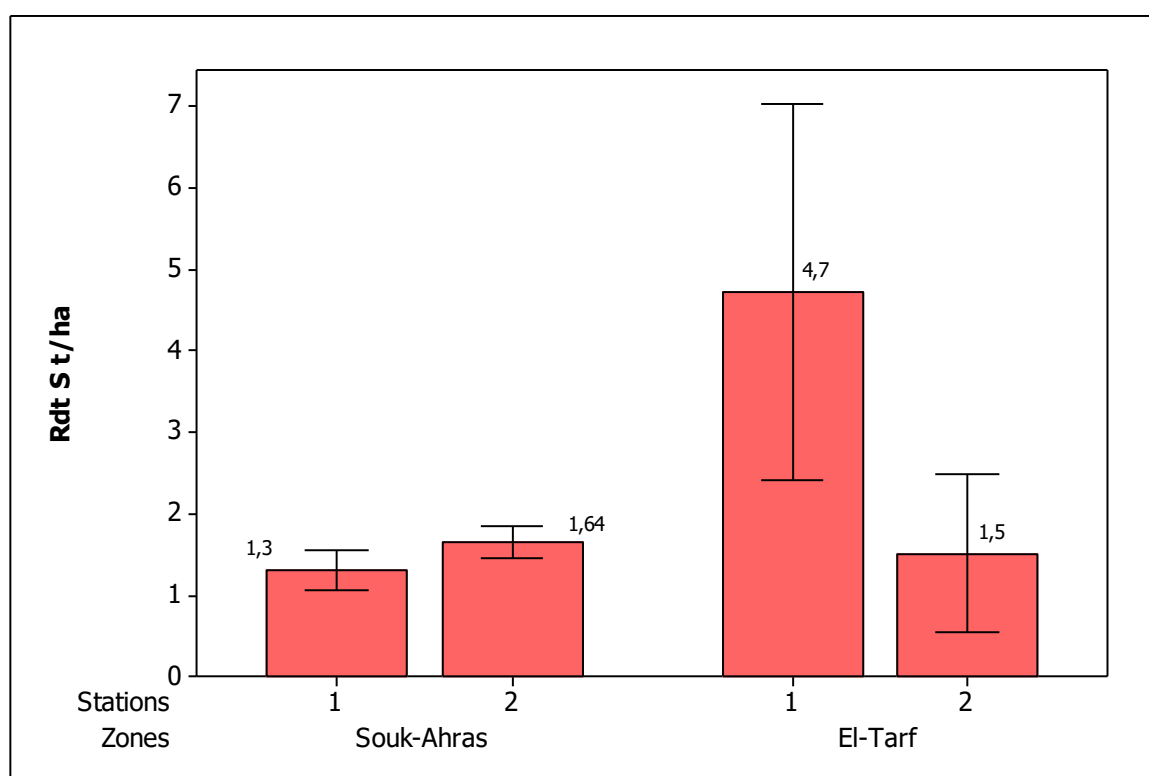


Figure 7. Variation de rendement en biomasse sèche (t/ha) chez les populations naturelles de *Sulla* dans les zones d'étude.

III.1.6. Le taux de matière sèche

Le taux de matière sèche (en % de la matière verte) varie entre $17 \pm 3,5$ et $24 \pm 4,6$ %. Le taux le plus élevé étant observé dans les populations d'altitude (Souk Ahras) (**Figure 8**). Cela a été révélé par ACHICHI et *al.*, (2018) où ils ont enregistré un taux variant entre 14 et 25 %. CHAKER-HOUD et *al.*, (2017) ont enregistré des valeurs allant de $26,4 \pm 0,5$ à $36,9 \pm 2,6$ de

Jijel à Mila en passant par El Tarf ($29,2 \pm 0,2$ %) et cela sur des populations spontanées de sulla au stade floraison. BEN JEDDI (2005) a trouvé également des valeurs qui sont comprises entre 13 et 26 %.

Le climat, essentiellement la pluviométrie, est sans doute le facteur déterminant de ce paramètre (CHAKER-HOUD et *al.*, 2017).

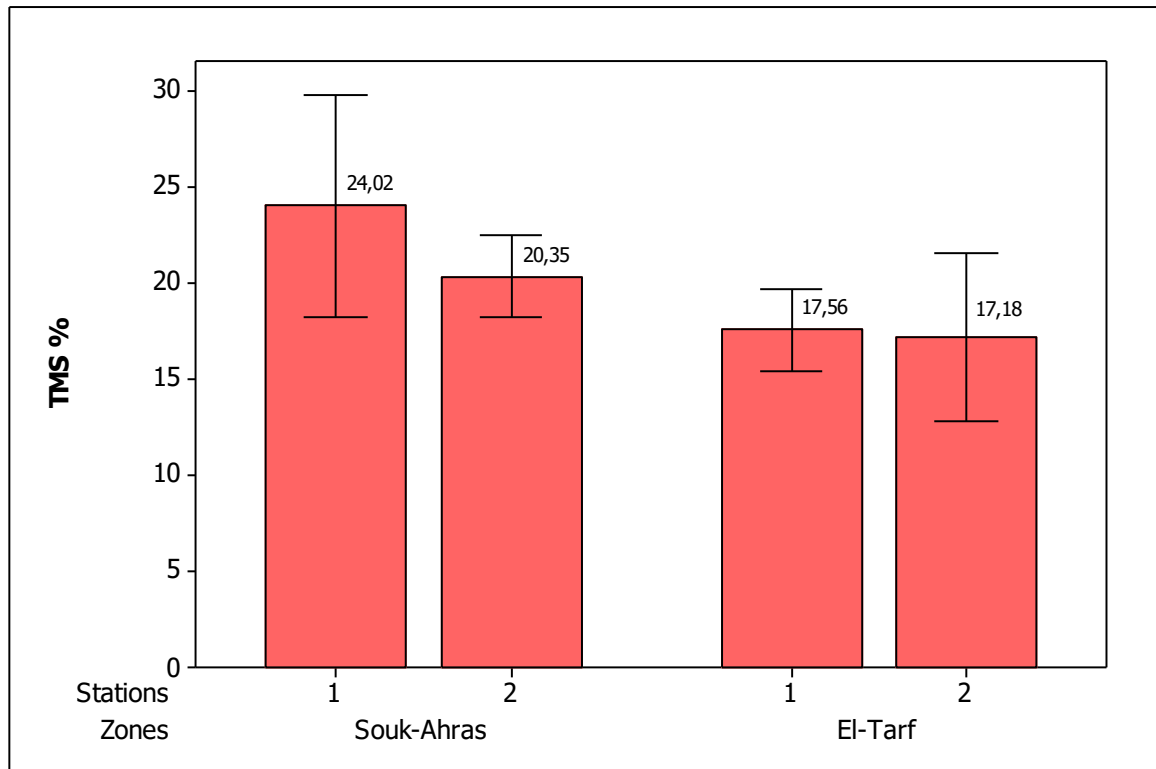


Figure 8. Variation de taux de matière sèche chez les populations naturelles de sulla dans les zones d'étude.

An orange scroll graphic with a gradient from light to dark orange, featuring a shadow and rounded corners. The text is written in a black, elegant cursive font.

Conclusion générale et perspectives

Les ressources phytogénétiques constituent un patrimoine inestimable nécessaire au maintien de l'équilibre écologique qu'il faut préserver. Toutefois, cette diversité se retrouve en continuelle dégradation en relation avec les changements climatiques, l'urbanisation, l'industrialisation et l'extension des populations humaines et la destruction des écosystèmes. Dans ce contexte, l'espèce *Sulla coronaria* L. (Fabacées), constitue un patrimoine d'un grand intérêt agronomique qui peuvent être exploité en particulier pour la valorisation des jachères. En effet, cette légumineuse méditerranéenne à vocation fourragère présente une large aire de répartition géographique et pousse sur des sols variés, dont elle permet la protection contre l'érosion et l'enrichissement en azote assimilable. D'autres usages alternatifs caractérisent le *Sulla*. C'est à la fois une plante mellifère et ornementale.

Au terme de cette étude, que nous avons entamée sur des populations naturelles de l'espèce *Sulla coronaria* L. un certain nombre de résultats nous paraissent intéressants.

L'analyse des résultats de l'analyse de la variance atteste de la grande variabilité des paramètres étudiés au sein d'une même population dans une même région. Cette variabilité est également observée entre les populations des deux régions étudiées. Outre, elle constitue une plasticité d'adaptation très appréciée par les éleveurs pour l'offre fourragère que *sulla* présente dans les différentes régions d'étude.

Globalement, la présente étude vise à valoriser les légumineuses locales en vue de fournir des solutions au déficit fourrager chronique. Cependant, *sulla* a fourni des rendements en biomasses vertes et sèches assez intéressants. Cela révèle une bonne aptitude d'adaptation de l'espèce aux conditions extrêmes de leur habitat.

Sulla se trouve actuellement menacée par le changement climatique et le mode de gestion des terres (développement des cultures céréalières et cultures vivrières). A cet effet, seule la conservation peut sauvegarder et préserver ces écotypes pour une optimisation de leur utilisation dans le cadre d'un développement durable.

Compte tenu des résultats obtenus, il est fortement souhaitable dans le cadre de la création variétale, d'envisager la mise au point de cultivars adaptés. Pour mieux exploiter la diversité de l'espèce, une étude approfondie relatives à d'autres aspects : physiologiques, enzymatiques, cytogénétique et moléculaire, sont indispensable.

Enfin, cette légumineuse représente à la fois une opportunité et un challenge pour améliorer la production d'herbe, et préserver les sols de la région.



Références bibliographiques

A

- ABBAS K., ABDELGUERFI-LAOUAR M., MADANI T., M'HAMMEDI BOUZINA M. ET ABDELGUERFI A. (2006) : « Place des légumineuses dans la valorisation de l'espace agricole et pastoral en région nord d'Algérie », Workshop International sur la diversité des Fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications Biotechnologiques, Agronomiques et Environnementales. ITGC, Alger, du 19 au 22 Février 2006. 309-320.
- ABDELGUERFI A. (2001) : « Ressources génétiques d'intérêt pastoral et/ou fourrager Distribution et variabilité chez les légumineuses spontanées (*Medicago-Trifolium- Scorpiurus-Hedysarum et Onobrychis*) en Algérie, Thèse Doctorat d'Etat en sciences Agronomiques. INA. Alger ,433 P.
- 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 A. (1987) : « Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie », Céréaliculture, N°16 : 5-7.
- ABDELGUERFI A., LAOUAR M., TAZI M., GADDES N.E. (2000) : « Présent et future des pâturages et des légumineuses fourragères en région méditerranéennes : cas du nord de l'Afrique et de l'Ouest de l'Asie », Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ. Proceeding of the 10 meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO-CIHEAM International Cooperative Research and Development Network on Pasture and Fodder Crops 04-09/04/2000, Sassari (Italy). Cahiers Options Méditerranéennes, vol.45: 461-467.
- ABDELGUERFI-BERREKIA R. (1985) : « Contribution à l'étude du genre *hedysarum* en Algérie », Thèse magister, INA, El-Harrach, Alger, 131 P.
- ABDELGUERFI-LAOUAR M., BELARBI N., MEBARKIA A., ABDELGUERFI A. (2002) : « Etude du comportement de quelques populations algériennes de *Hedysarum coronarium* dans la région de Sétif », Recherche agronomique INRAA n° 10 : 35-44.
- ABDELGUERFI A., LAOUAR M. (2000) : « Autoécologie des légumineuses spontanées d'intérêt fourrager et/ou pastoral en Algérie ». In Sulas L. (ed.). *Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses*. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ .Proceeding of the 10 meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO-CIHEAM International Cooperative Research and Development network on Pasture and Fodder Crops 04-09/04/2000, Sassari (Italy). Cahiers Options Méditerranéennes, vol.45: 97-101.
- ABDELGUERFI A., LAOUAR M. (2002) : « Les espèces fourragères et pastorales : leurs Utilisation au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) », Edition FAO. Regional Office for the Near East. 146 P.
- ABDELGUERFI A., RAMDANE S.A. (2003) : « Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité », Projet ALG/97/G31. TOME XI, 241 P.
- ACHICHI I. (2014) : « Étude comportementale de l'espèce *Hedysarum coronarium* L. ou (*Sulla*) cas de perturbations (pâturage) dans la région d'Ain el Karma (wilaya d'El-Tarf) », Mémoire de magister en sciences Agronomiques, université Chadli Bendjedid, El-Tarf, 120 P.
- ACHICHI I., CHAKER-HOUD K., GHAMRI A.N., SLIMANI A., SEMMAR M.F. (2018) : « Variabilité agromorphologique de populations naturelles de *Sulla coronaria* (L.) Medik dans le nord-est algérien », Fourrages, 236, 275-279.
- AMEZIANE T.E. 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. Ameziane, eds.) Rabat, Maroc, 83-87.
- ANGERS D.A., MEHUYS G. R. (1989): « Effects of cropping on carbohydrate content and water stable aggregation of a clay soil », Can. J. Soil Sci. 69: 373-380.
- ANNICHIARICO P., ABDELGUERFI A., BEN YOUNES M., BOUZERZOUR H., CARRONI A.M. (2008): « Adaptation of *sulla* cultivars to contrasting Mediterranean environments », Aust J Agric Res 59:702–706.

B

- BARRY T.N. (1989): «Condensed tannins: their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem», In The role of protozoa and fungi in ruminant digestion. Eds J.V. Nolan, R.A. Leng & D.I. Demeyer. Proceedings of an international seminar sponsored by the OECD Co-operative Research Project on Food Production and Preservation, and the University of New England, held 26-29 September, 1988.
- BASSENDOWSKI K.A., DREW SMITH J., HOWARTH R.E. (1989): «The potential value of *Hedysarum alpinum* var. *americanum* as a forage legume for the northern Canadian prairies», Can J Plant Sci 69: 815-822.
- BAUMONT R., DULPHY J.P., SAUVANT D., MESCHY F., AUFRERE J., PEYRAUD J.L. (2007) : «Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision», Alimentation des bovins, ovins et caprins, éd. Quæ, 149-179, INRA, Paris.
- BENCHERCHALI M. (2018) : «Valorisation des espèces fourragères spontanées de la région centre de l'Algérie dans l'alimentation des animaux », Thèse Doctorat, Université Saad Dahlab Blida1, Algérie, 55 P.
- BEN FADHEL N., ZAOUALI Y., BOUSSAID M. (2000) : «Aptitude de deux légumineuses pastorale *H.carnosum* et *A.uniflorum* jaub et spach a la réhabilitation des parcours en milieu aride de la Tunisie», Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ. Proceeding of the 10 meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO-CIHEAM international cooperative research and development network on pasture and fodder crops 04-05/04/2000.Sassari Italy. Cahiers Options Méditerranéennes, vol.45: 95-98.
- BENGUEDOUAR A., CORICH V., GIACOMINI A., SQUARTINI A., NUTI M.P. (1997): «Characterization of symbiotic bacteria from the Mediterranean legume crop *Hedysarum coronarium* (Sulla) by multilocus enzyme electrophoresis», Agr. Med., Vol. 127, 173-177.
- BENGUEDOUAR A., SQUARTINI A. (2006) : «Caractérisation d'une nouvelle espèce du *Rhizobium* nodulant la légumineuse fourragère *Hedysarum coronarium*», in Workshop international sur diversité des Fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications biotechnologique, agronomique et environnementales. Alger ,19-22 février.130-134.
- BEN JEDDI F. (2005):«*Hedysarum coronarium* (L.)Variation génétique, création variétale et place dans les rotations tunisiennes», Thèse de doctorat en sciences biologiques appliquées, Faculté des sciences en bio-ingénierie, Université de Gent. Belgique, 232 P.
- BEN JEDDI F. (2001) : « Description et spécificité variétales du sulla Bikra 21, Journée d'étude sur les nouveautés dans le domaine de la recherche scientifique : l'amélioration du Sulla local source durable pour l'alimentation animal », INAT-CCSPS. ESIER Mjez El Beb, Tunisie, 05 avril 2001.
- BEN JEDDI F., ZOUAGHI M., 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., ZOUAGHI M. (1995):« Biodiversité et amélioration génétique des génotypes spontanés du Sulla du Nord *Hedysarum coronarium* (L.) », In Actes des deuxièmes journées sur les acquis de la recherche agronomique et vétérinaire, 8-10 décembre 1995, Hammamet, Tunisie.
- BORREANI G., CAVALLARIN L., PEIRETTI P.G., RE G.A., ROGGERO P.P., SARGENTI P., SULAS L., TABACCO E. (2000): «Quantifying morphological stage to improve crop management and enhance yield and quality of sulla and lucerne», Cahiers Options Méditerranéennes, CIHEAM, 45, 195–198.
- BORREANI G., ROGGERO P.P., SULAS L., VALENTE M.E. (2003): «Quantifying morphological stage to predict the nutritive value in Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) », Agron J 95: 1608-1617.
- BOUALEM N., DJABALLAH F. (1990) : « Contribution à l'étude de quelques viroses des légumineuses fourragères cultivées et pastorale », mémoire Ingénieur. INA. 50 P.

C

- CARROLL A., SOMERVILLE C. (2009): « Cellulosic biofuels », Ann. Rev. Plant Biol. 60: 165-182.
- CHAKER-HOUD K., MEBIROUK-BOUDECHICHE L., MAATALLAH S., EL-HAMZA T. (2017): « Valeur alimentaire des populations naturelles de *Sulla coronaria* L. du nord-est de l'Algérie », fourrages, 232, 347-352.
- CHEHAT F. (2001) : « La question des fourrages en Algérie ; Actes de l'atelier national sur la stratégie de développement des cultures fourragères en Algérie », 10-12 Juin, Alger. 27-28 P.
- CHISCI G.C., BAZZOFFI P., PAGLIAI M., PAPINI R., PELLEGRINI S., VIGNOZZI N. (2001): « Association of *Sulla* and atriplex shrub for the physical improvement of clay soils and environmental protection in central Italy Agriculture », Ecosystems and Environment 84: 45-53.
- CORNELISSEN J. H. C., LAVOREL S., GARNIER E., DIAZ S., BUCHMANN N., GURVICH D. E., REICH P., TER STEEGE H., MORGAN H. D., VAN DER HEIJDEN M. G. A., PAUSAS J. G., POORTER H. (2003): « A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide », Australian Journal of Botany 51:335-380.
- COTTE A. (1962) : « Les légumineuses fourragères dans les causses et le commérés », Fourrages, (12) :12-26.
- CROCKER G., HACKNEY B. (2008): « *Sulla*. PRIMEFACT 745 », State of New South Wales through NSW Department of primary industries, PRIMEFACT No.745 : 1-4.

D

- DJILALI S. (1993) : « Contribution a l'étude de la biologie florale chez quelque espèces annuelle spontanées de genre *Hedysarum* », Mémoire Ingénieur. INA. El-Harrach 100 P + Annexes.

F

- FLORES F., GUTIERREZ J.C., LOPEZ J., MORENO M.T., CUBERO J.I. (1997): « Multivariate analysis approach to evaluate a germplasm collection of *Hedysarum coronarium* L. », Genet Resour Crop Evol 44:545-555.
- FOURY A. (1954) : « Les légumineuses fourragères au Maroc », Les cahiers de la recherche agronomique, Rabat N° 3. P656.
- FRAME D. (2000): « *Hedysarum coronarium* L., Leguminosae F.A.O.

G

- GAAD D., ISSOLAH R., YAHIAOUI S. (2012) : « Variation phénologique et biométrique chez plusieurs populations Algériennes de *Sulla coronaria* (L.) Medik. (Fabaceae) », Recherche Agronomique, N° 25, INRAA: 41-60.
- GUTIERREZ-MAS, (1983) : « La Zulla. La reina de las forrajeiras de secano », Agricultura 11: 576- 677.

H

- HAMADACHE A. (2000) : « Les ressources fourragères en Algérie », Bulletin de vulgarisation agricole Ed. ITGC. Alger. Document en langue arabe 35 P.
- HANNACHI-SALHI A., COMBES D., BAATOUT H., FIGIER J., BOUSSAID M., MARRAKCHI M., TRIFI-FARAH N. (2004) : « Evaluation des ressources génétiques des espèces du genre *Hedysarum* dans le bassin méditerranéen », IPGRI – FAO, 130: 65 - 72.
- HYAM R., PANKHURST R. (1995): « Plants and their names. In. "A concise dictionary". Royal botanic garden Edinburgh », (Oxford University Press, ed.), 545 P.

I

- ISSOLAH R., BENHIZIA H., KHALFALLAH N. (2006): «Karyotype variation within some natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria», *Genet Resour Crop Evol* 53:1653–1664.
- ISSOLAH R., KHALFALLAH N. (2007): «Analysis of the morpho-physiological variation within some Algerian populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae)», *J Biol Sci* 7:1082–1091.
- ISSOLAH R., KHALFALLAH N. (2010): «Variation of the bloom and fuiting within fourteen Algerian populations of Sulla. 13th Meeting of the FAO-CIHEAM Sub-Network on Mediterranean pastures and fodder crops», Alicante (Spain). April 2010, *Options Méditerranéennes, Série A : Mediterranean Seminars. Number 92* : 135-138.
- ISSOLAH R., TAHAR A., DERBAL N., ZIDOUN F., AIT MEZIANE M. Z., OUSSADI A., DEHILES I., BRADAI R., AILANE M., TERKI N., AZIEZ F., ZOUAHRA A., DJELLAL L. (2012) : «Caractérisation écologique de l’habitat naturel du sulla (Fabaceae) dans le nord-est de l’Algérie », *Revue d’Ecologie (Terre et Vie)*. Vol. 67, 3 : 295- 304.

K

- KADI S.A, DJELLAL F. (2009) : « Autonomie alimentaire des exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie», *Livestock Research for Rural Development* 21 (12).
- KHALDOUN A., AMROUN R., DJENNADI F. (2001):« Développement des fourrages en Algérie dans le cadre du plan national de développement agricole (PNDA)», *Céréaliculture*, Vol.34 :46 p.
- KRISHNA H., KEMP, P. D., NEWTON S.D. (1990): «Necton’ sulla - A preliminary agronomic evaluation», *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 52: 157-159

L

- LANCASHIRE P.D., BLEIHOLDER H., VAN DEN BOOM R., LANGELUDDEKE P., STAUSS R., WEBER E., WITZENBERGER A. (1991): « A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds», *Annals Biology*, 119, 561-601.
- LAPEYRONIE A. (1982) : « Les productions fourragères méditerranéennes: généralités, caractères botaniques et biologiques », (Maisonneuve g. pet la rose, eds.). Paris, France, 425 P.
- LE HOUEROU H.N. (1965):« Forage and fuel plants in the arid zone of North Africa, the near and the Middle East: plants for arid lands», (G. E.Wickens, J. R. Goodin, et D. V. Fields, eds.):117-119.
- LE HOUEROU H.N. (2006) : «Les légumineuses fourragères dans la flore de la zone isoclimatique méditerranéenne», In *Workshop international sur diversité des Fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications biotechnologique, agronomique et environnementales*. Alger ,19-22 février 2006.
- LLYOD D., DE KONING C., HUGHES S., JOHNSON B., MCLACHLAN D. (2003):« Solutions for a better environment», In *Proceedings of the 11th Australian Agronomy conference*, 2-6 Feb.2003, Geelong, Victoria. Australian society of Agronomy.
- Lombardi P., Argenti G., Sabatini S., Pardini A. (2000) : «Productive and eco physiological characteristics of some varieties of Sulla (*Hedysarum coronarium*) in Mediterranean area of Tuscany», In *legumes for Mediterranean forage crop pasture and alternatives uses. The proceeding of the 10 meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO- CHEAM inter-regional cooperative research and development network and fodder crop*. 04-09/04/2000.Sassari (Italy). *Options Méditerranéennes*, Vol.45:281-285.

M

- MARTINIELLO P., LAUDADIO V., PINTO V. ET CIRUZZI B. (2000) : «Influence des techniques de culture sur la production du sulla et du sainfoin en milieu méditerranéen», *Fourrages* 161 : 53-59.

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

N

NOUAD N.A. (2001) : «Alternatives fourragères en zones semi arides», Actes de l'atelier national sur la stratégie de développement des cultures fourragères en Algérie : 10-12 Juin. Alger : 12-17.

P

PEREZ-HARGUINDEGUY N., DIAZ S., GARNIER E., LAVOREL S., POORTER H., JAUREGUIBERRY P., BRET-HARTE M.S., POORTER L., CORNWELL W.K., CRAINE J.M., GURVICH D.E., URCELAY., VENEKLAAS E.J., REICH P.B., WRIGHT I.J., RAY P., ENRICO L., PAUSAS J.G., DE VOS A.C., BUCHMANN N., FUNES G., QUETIER F., HODGSON J.G., THOMPSON K., MORGAN H.D., TERSTEEGE H., VAN DER HEIJDEN M.G.A., SACK L., BLONDER B., POSCHLOD P., VAIERETTI M.V., CONTI G., STAVER A.C., AQUINO S., CORNELISSEN J.H.C. (2013): «New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide», Australian Journal of Botany: 61, 167-234.

Q

QUEZEL P., SANTA S. (1962) : « Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales », CNRS, ed. Paris, France.

R

RIOS S., ROBLEDO A., CORREAL, E., (1992): «Perennial pasture legumes of southeast Spain», Herba 5, 68-76.

ROLLINS R. C., (1940): « Studies in the genus Hedysarum in north America», Rhodera 42, (499), 217-239.

RONDIA G., DEKER 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 Administration Générale de la Coopération au Développement Belge. Bruxelles. 389 P.

RUISI P., SIRAGUSA M., DI GIORGIO G., GRAZIANO D., AMATO G., CARIMI F, GIAMBALVO D. (2011). «Pheno-morphological, agronomic and genetic diversity among natural populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) collected in Sicily, Italy», Gen. Resour, Crop Evol, 58 :245-57.

SAOUALI A. (1992) : «Contribution a l'étude de système de reproduction de quatre espèces spontanés du genre *Hedysarum*: *H.coronarium*; *H.flexuosum*, *H.carnosum* et *H.spinosisissimum*», Mémoire Ingénieur. INA. El-Harrach, Alger. 94 P.

SEMADENI A. (1976) : « Le sulla en Tunisie, (741) ».

SLIM S., BEN JEDDI F. (2011): « Protection des sols en zones montagneuses du Nord de la Tunisie par le sulla du nord *Hedysarum coronarium* L. », Sècheresse, 22: 117-124.

SLIM S. (2004) : « Amélioration fourragère et protection des terres par le Sulla "Bikra 21" dans les gouvernorats de Zaghouan et de Siliana. Projet de Fin d'Etudes. INAT. 81 P.

SI-ZIANI, BOULEBERHAN (2001) : «Bilan fourrager : Comparaison offre/besoins», Premier atelier national sur le développement des cultures fourrager en Algérie.

SQUARTINI A., STRUFFI P., DORING H., SELENSKA-POBELL S., TOLA E., GIACOMINI A., VENDRAMIN E., VELAZQUEZ E., MATEOS P. F., MARTINEZ-MOLINA E., DAZZO F. B., CASELLA S., NUTI M.P. (2002):«Rhizobium sullae sp. nov. (Formerly 'Rhizobium hedysari')»,

- the root-nodule microsymbiont of *Hedysarum coronarium* (L.) », International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 52: 1267–1276.
- STRINGI L., AMATA G., GAETANO, GRISTINA L., LUCIANO, CHISCI G. ALICATA M. (1991): «Ruolo di arbusti foraggeri nell'ambiente semi-arido siciliano 1. Funzione produttiva e valore nutritivo», Rivista di Agronomia. 2. 325-331.
- STRINGI L., AMATA G., LETO G., ALICATA M.L., GRISTINA L., DI PRIMA G. (1998): «Yield chemical composition and nutritive value of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) under grazing in a semi-arid environment», Rivista di Agronomia 25, 184-194.
- SULAS L., RE G. A., STANGONI A. P., LEDDA L. (2000): «Growing cycle of *Hedysarum coronarium* L. (Sulla): relationship between plant density, stem length, forage yield and phytomass partitioning», The 10th meeting of the Mediterranean sub-network of the FAO-CHEAM inter-regional cooperative research and development network and fodder crop, Sassari (Italy), du 4 au 9 Avril 2000, Options Méditerranéennes, Vol.45 : 147-151.
- SULAS L., LEDDA M. (2008): «Sulla (*Hedysarum coronarium*) seed production at different sowing rates», Tavares de Sousa M.M. (ed.) Sustainable Mediterranean grasslands and their multi-functions. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ / FAO / ENMP / SPPF, 2008. 12 Meeting of the Sub-Network on Mediterranean Forage Resources of the FAO-CIHEAM. Inter-regional Cooperative Research and Development Network on Pastures and Fodder Crops, 2008/04/09-12, Elvas (Portugal).Options Méditerranéennes n° 79 (Série A). Séminaires Méditerranéens: 483-486.



T

- TALAMUCCI P. (1998): «Il ruolo della Sulla nell'attuale contesto della foraggicoltura italiana. In: La Sulla: possibili ruoli nella foraggicoltura mediterranea», I Georgofili, Quaderni 1998-I, Firenze, pp 7–27.
- TALAMUCCI P., STAGLIANO N., SABATINI S.I., GEORGOFILI Q. (1998): «La zulla: possibili ruoli nella foraggicoltura mediterranea», pp 7-28. Studio Editoriale Fiorentino, Firenze, Italy.
- TERRIL T.H., DOUGLAS G.B., FOOTE A.G. (1992): «Effect of condensed tannins upon body growth, wool growth and rumen metabolism in sheep grazing Sulla and perennial pasture», J. Agriscience Cambridge., 119:265-276.
- THAMI-ALAMI, EL-MAZOURI E.H. (1999): «Etude de l'efficacité de la persistance des souches de Rhizobium de Sulla», Légumineuses pour cultures fourragères, pâturages et autres usages en région méditerranéenne.Zaragoza: CIHEAM-IAMZ. Proceeding of the 10 Meeting of the Mediterranean Sub-Network of the FAO-CIHEAM Inter- Regional Cooperative Research and Development Network on Pastures and Fodder Crops, 2000/04/04-09, Sassari (Italy). Cahiers Options Méditerranéennes, Vol.45: 321-325.
- TRIFI-FARAH N., CHATTI W.S., MARRAKCHI M., PERNEST J. (1989) : «Analyse de la variabilité morphologique et enzymatique des formes cultivées et spontanées de *Hedysarum coronarium* L. en Tunisie», Agronomie, EDP Sciences, 9 (6) : 591-598.



W

- WATSON MJ. (1982): «*Hedysarum coronarium*, a legume with potential for soil conservation and forage», N Z J. Agric Sci 16:189–193.
- WATT M.M., MCCULLY M.E., JEFFREE C.E. (1993): «Plant and bacterial mucilages of the maize rhizosphere: Comparison of their soil binding properties and histochemistry in a model system», Plant Soil 151: 151-165.



Y

- YAKOUBI N., CHRIKI A. (2000): «Estimation of mating system parameters in *Hedysarum coronarium* L. (Leguminosae, Fabaceae) », Agronomie, 20 :933–942.