



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques



Formation doctorale "Valorisation des Ressources Naturelles"

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Zirmi-Zembri Nacima

En vue de l'obtention du titre de

DOCTEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Production et Nutrition Animale

THEME

**Caractérisation d'*Hedysarum flexuosum* pour
son utilisation en alimentation animale**

Soutenue publiquement le 20 Février 2021

Devant le jury composé de :

Pr ZERROUKI-DAOUDI	Nacira	UMM Tizi-Ouzou	Présidente
Pr KADI	Si Ammar	UMM Tizi-Ouzou	Directeur de thèse
Dr AIT SAID	Samir	UMM Tizi-Ouzou	Examineur
Dr BENCHERCHALI	Mohamed	U. Blida	Examineur
Dr MEBARKIA	Amar	U. Sétif.1	Examineur
Dr MOUFFOK	Charef Eddine	U. Sétif.1	Examineur

A mes parents et beaux parents

A mes sœurs et mes frères

A mes Belles sœurs et Beaux frères

A mes neveux et mes nièces

A mon Mari Makhlouf

A mes adorables Enfants :

Sofiane, Nabil et Lyes.

REMERCIEMENTS

Cette thèse est un rêve d'enfance qui se réalise à l'âge de quarante-sept ans, comme quoi, la volonté et la persévérance paient toujours. Elle n'a pu être concrétisée que grâce à de merveilleuses personnes que je qualifierai d'anges gardiens et qui me sont très chères. Le premier est mon père qui m'a toujours donné l'amour de la recherche du savoir et de la connaissance, mon mari qui n'a jamais cessé de m'encourager et de m'épauler, sans lui la partie enquête et échantillonnage sur terrain qui a duré deux années n'aurait jamais vu le jour. La troisième personne est mon directeur de thèse, suite à une première collaboration en master académique qui s'est soldé par deux publications, un deuxième challenge, cette thèse, et qui cette fois a duré trois ans et qui a confirmé qu'on ne change jamais une équipe qui gagne. Le chef de la subdivision agricole de Larbaa Nath Irathen, Monsieur **Layazid Achour**, le responsable hiérarchique, lui aussi était très compréhensible, m'a encouragé et a allégé mon travail à la subdivision agricole durant toutes ces années malgré la pression exercée par certains de nos collègues.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur le Professeur **Kadi Si Ammar**, mon directeur de thèse, avec qui nous avons travaillé très dur durant ces trois années. Un travail en boucle et sans interruption malgré l'absence quasi-totale de moyens. Ses conseils, ses lectures et ses orientations m'ont fortement aidé à finaliser ce travail dans les délais.

Je tiens aussi à remercier les membres du Jury qui ont accepté d'examiner et d'évaluer cette thèse :

- Professeur **Zerrouki-Daoudi Nacira** de l'Université de Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou en qualité de présidente du jury.
- Professeur **Kadi Si Ammar** de l'université de Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou ; Directeur de thèse.
- Docteur **Ait Said Samir** de l'université de Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou ; Examineur.
- Docteur **Ben Cherchali Mohamed** de l'université Said Dahleb de Blida ; Examineur.
- Docteur **Mebarkia Amar** de l'université de Ferhat ABBAS Sétif 1 ; Examineur.
- Docteur **Mouffok Charaf Eddine** de l'université de Ferhat ABBAS Sétif 1 ; Examineur.

Je dois aussi citer les efforts des membres du comité de la formation doctorale « valorisation des ressources naturelles » surtout durant la première année, j'ai une pensée particulière à mes collègues les doctorantes toutes spécialités confondues, auxquelles j'espère réussite et succès.

J'adresse aussi ma sincère reconnaissance à tous ceux qui m'ont encouragé ou sont intervenus pour surmonter les nombreuses difficultés rencontrées :

Docteur **Kadi-Bennane Saliha** pour avoir mis à ma disposition du matériel de Laboratoire et des produits chimiques.

Docteur **Nait Kaci Malika** pour son aide précieuse lors de l'échantillonnage et de l'analyse des sols des cinq stations à Sulla.

Docteur **Cherfouh Rabia** qui a mis à notre disposition une partie du matériel pour des analyses pédologiques.

Docteur **Mouhous Azeddine** pour sa contribution dans l'analyse des résultats de l'enquête ethnobotanique et ses encouragements continus.

Melle **Tabet Nadia**, Ingénieur de laboratoire au labo Commun I.

Mme **Tebiche Ghenima** et Melle **Issahoune Djamila** du laboratoire de pédologie pour leur aide lors de l'analyse des échantillons des sols à Sulla.

Mes remerciements vont aussi aux membres de notre laboratoire **Dr Dorbane Zahia, Dr Cherfaoui-Yami Djamila, Dr Hannachi-Rabia Raja, Dr Harouz-Cherifi Zakia, Dr Djellal Farid** et **Mme Belaid-Gater Nadia** pour leurs encouragements.

M. Houamdi Achour, propriétaire d'une unité de fabrication d'aliment de bétail, d'avoir mis à notre disposition son matériel pour l'analyse de la composition chimique des échantillons de Sulla.

M. Helli Mourad, Responsable de la station météorologique de Boukhalfa, Tizi-Ouzou, pour son accueil et sa disponibilité.

Tous mes collègues de travail à la Subdivisions agricoles de Iarbaa Nath Irathen, spécialement **M. Layazid Achour, M. Bouaziz Malik, Hamaz Fatima** et **Akcil Saliha** qui m'ont soutenus durant toutes ces années.

Les éleveurs, **M. LAZRI Arezki** de Bousmahel, **M. Boutlendj Ahmed** de Tmizart, **M. Ben Saadi Farid** de Sidi Naamane, **M. Ameer Ouali Tahar** d'Ait Toudert et **M. Aliane Meziane** de Souama qui m'ont autorisé à prélever sur leurs propriétés des échantillons de sol et de plants de Sulla, mes interventions sur ces parcelles se sont étalées de septembre 2018 à juin 2019.

Publications et communications réalisées dans le cadre de cette thèse :

Publications dans des revues à comité de lecture :

ZIRMI-ZEMBRI N., KADI S.A. 2020. Morphological diversity assessment of five populations of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) harvested at five phenological stages in Kabylie region (Algeria). *Journal of Rangeland Science*, Vol. 10, No. 3, 341-356. http://www.rangeland.ir/article_672824.html

ZIRMI-ZEMBRI N., KADI S. A. 2020. Chemical composition and nutritive value of *Hedysarum flexuosum* L. according to morphological parts and phenological stages. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 12(1S), 89-107. <https://jfas.info/index.php/JFAS/article/view/646/247>

Communications internationales :

ZIRMI-ZEMBRI N., KADI S.A. 2019. Use of *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*) by breeders in Kabylia (Algeria). *Joint Meeting of the FAO-CIHEAM Network for Research and Development in Sheep and Goats (Subnetworks on Nutrition and Production Systems) and the FAO-CIHEAM Subnetwork for the Research and Development of Mediterranean Pasture and Forage Resources*, Meknes, Morocco, 23 to 25 October 2019. http://networks.iamz.ciheam.org/meknes2019/pdf/BOOK_OF_ABSTRACTS_MEKNES19.pdf

ZIRMI-ZEMBRI N., KADI S.A. 2019. Mode d'utilisation et valeur nutritive d'une ressource fourragère pastorale (*Hedysarum flexuosum*) en kabylie. 3^{ème} séminaire international sur les pâturages, les parcours et l'alimentation des animaux dans le bassin méditerranéen. El Taref, les 09 et 10 avril 2019. https://sipabm2019.sciencesconf.org/data/sippaabm_2009_abstracts_4.1_04042019.pdf

ZIRMI-ZEMBRI N., ZIRMI M., KADI S.A. 2018. Le *Sulla flexuosa* et ses usages en Kabylie (wilaya de Tizi-Ouzou) : Résultats préliminaires d'une enquête ethnobotanique. *Premier colloque International « Sécurité Alimentaire et Développement Durable en Milieu Semi-Aride »*, Université Ferhat Abbas - Sétif-1 8-10/12/2018. <https://www.univ-setif.dz/OCS/docs/Recueil-resumes-Seminaire-securite-alimentaire-2018.pdf>

ZIRMI-ZEMBRI N., KADI S.A., GUERMAH H., BELMIHOUB F., DJELLAL F., MOUHOUS M. 2018. *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*) : une légumineuse fourragère spontanée à valoriser. *Premier colloque International « Sécurité Alimentaire et Développement Durable en Milieu Semi-Aride »*, Université Ferhat Abbas - Sétif-18-10/12/2018. <https://www.univ-setif.dz/OCS/docs/Recueil-resumes-Seminaire-securite-alimentaire-2018.pdf>

Sommaire

Résumé en Français	7
Résumé en Anglais (Abstract)	9
Résumé en Tamazight (Agzul)	11
Résumé en Arabe.....	12
Introduction générale.....	14
Partie 1 : Synthèse bibliographique	18
Partie 2 : Travail pratique.....	57
1. Chemical composition and nutritive value of <i>Hedysarum flexuosum</i> L. according to morphological parts and phaenological stages.....	58
2. Le <i>Sulla flexuosa</i> et ses usages en Kabylie (wilaya de Tizi-Ouzou) : Résultats d'une enquête ethnobotanique	86
3. Morphological diversity assessment of five populations of <i>Sulla</i> (<i>Hedysarum flexuosum</i> L.) harvested at five phenological stages in Kabylie region (Algeria).....	107
4. Valeur Nutritive de cinq populations naturelles de <i>Sulla flexuosa</i> L. de la région de Kabylie ; centre nord de l'Algérie.....	126
Discussion générale.....	144
Conclusion générale	151
Annexes	153

RÉSUMÉ

Cette thèse s'insère dans la thématique de recherche visant à caractériser *Hedysarum flexuosum* (ou *Sulla flexuosa*), une ressource fourragère locale, pour sa valorisation en alimentation animale notamment celle des ruminants. Les travaux réalisés dans cette thèse ont été répartis en cinq parties. La première a consisté en une synthèse des travaux scientifiques disponibles dans la littérature sur l'utilisation des espèces du genre *Hedysarum* en alimentation animale. Dans un deuxième temps, l'évaluation de la composition chimique et de la valeur nutritive de différentes parties de la plante d'*H. flexuosum* et leur évolution en fonction des différents stades phénologiques a été réalisée dans l'optique de retenir le stade de récolte le plus approprié. Au stade début floraison, la composition de la plante entière est de (/kg MS) : 495 g d'NDF, 381 g d'ADF, 90 g d'ADL, 166,1 g de PB et 17 MJ/kg d'EB. Au stade bourgeonnement, la composition chimique de la plante entière est nettement meilleure surtout en apport protéique qui atteint 225 g/kg MS. Par ses apports nutritifs, le *Sulla flexuosa* peut être classé parmi les fourrages de très bonne qualité pour les ruminants (/kg MS) : 0,94 à 1,03 UFL ; 0,87 à 0,98 UFV ; 95 à 130 g de PDIE ; 103 à 141 g de PDIN. La valeur alimentaire relative (VAR) variant de 123,22 à 142,82 et la qualité relative (QRF) estimée entre 119,76 à 133,43 confirment la très bonne qualité fourragère de cette légumineuse. En termes de valeur nutritive, *H. flexuosum* devrait être récoltée ou pâturée au stade bourgeonnement, au plus tard début floraison.

Dans une troisième étape, aussi importante que la précédente pour la conservation du *Sulla flexuosa* (*H. flexuosum*), le recueil d'informations sur les usages de cette légumineuse par les éleveurs est une des étapes les plus importantes. Pour cela, d'Avril à Juin 2018, une enquête ethnobotanique mettant l'accent sur l'usage fourrager de cette espèce a été réalisée par interviews individuelles de 114 éleveurs répartis sur tout le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou. Le *Sulla* est signalé dans une vingtaine de communes à travers la wilaya où son apparition est surtout remarquée par les éleveurs en Décembre (19,8 %) voire en Février (20,7%). Pour la moitié des éleveurs, le *Sulla* pousse surtout sur les terrains en pente. Si la grande majorité (84%) distingue les deux formes plagiotrope et orthotrope, seulement près de la moitié (45,3%) soutiennent qu'elle est bisannuelle et près d'un tiers (34%) pensent qu'elle est annuelle. C'est la totalité des éleveurs qui l'utilise et en alimentation animale et qui signalent son utilisation aussi en alimentation humaine. En alimentation animale, trois quart des éleveurs l'utilise en vert (affouragement à l'auge ou pâturage). L'analyse des correspondances multiples, suivie d'une classification ascendante hiérarchique, ont démontré que la situation géographique, le type d'affouragement, la conservation du foin du *Sulla* et le nombre de bottes de foin récoltées par hectare sont les principales caractéristiques qui discriminent les cinq groupes identifiés (G1, G2, G3, G4 et G5).

La détermination de la production fourragère dans les habitats naturels est également l'un des facteurs les plus importants pour la gestion du pâturage. Les études sur les caractéristiques et la répartition de son habitat sont rares. Cette recherche, qui constitue la quatrième partie de la thèse, a été menée afin d'évaluer l'étendue de la diversité phéno-morphologique dans les populations naturelles d'*H. flexuosum* provenant de différents environnements de la région de

Tizi-Ouzou (Algérie), et d'analyser les relations entre les modèles de diversité et les paramètres environnementaux. Quelques caractères morphologiques reflétant le comportement et la diversité d'origine biogéographique de cinq populations naturelles d'*H. flexuosum* collectées *in situ* dans les conditions édaphiques et climatiques de la région de Kabylie, pour cinq stades phénologiques (Fin stade végétatif, bourgeonnement, floraison, gousses vertes et maturation des graines), étaient déterminés. Les sites ont été choisis suivant le gradient Est (Souama), Ouest (Sidi Naamane), Nord (Timizart) et Sud (Ait Toudert) et site au Centre (Bousmahel). Les paramètres étaient : le nombre de feuilles par plante, le nombre de feuilles par tige, le nombre de tiges par plante, le poids des feuilles fraîches, le poids des feuilles séchées, le poids des tiges fraîches et le poids des tiges séchées, le rapport feuille / tige pour le poids frais et sec, et le rendement en fourrage sec. Des échantillons de sol ont été analysés pour déterminer le pH, la CE, le calcaire total, le pourcentage de carbone organique et la texture du sol. Les résultats ont montré que cette espèce pousse dans des sols avec une teneur en chaux comprise entre 0,63 et 20%, une texture argileuse ou limoneuse, une acidité de 7,62 à 8,40 et des matières organiques de 0,21 à 2,54%. De plus, les résultats ont montré un effet significatif ($p < 5\%$) des populations de *H. flexuosum* (sites d'échantillonnage) et des stades phénologiques sur tous les caractères, à l'exception du rapport feuille / tige (poids frais et poids sec). Les résultats de cette étude peuvent être remarqués pour la gestion, la conservation et le développement appropriés de l'aire de répartition de cette espèce précieuse dans de telles conditions.

La cinquième et dernière partie conclut notre travail sur une note très positive et s'inscrit dans le projet de mise au point des tables de composition chimique et de valeur nutritive des espèces pastorales et fourragères en Algérie. La composition chimique et la valeur nutritive de ces cinq populations de *Sulla flexuosa*, ont été déterminées (stades végétatifs et fructification) dans le but de valoriser cette Fabacée. Le *Sulla flexuosa* en vert est riche en matières azotées totales (21,82% MS) particulièrement dans la région d'Ait Toudert. Dans les cinq régions de collecte, la digestibilité de la matière organique du *Sulla* (en vert et en foin) est très élevée ; sa composition chimique et ses valeurs fourragères (UFL, UFV, PDIE et PDIN) sont aussi intéressantes. Cette légumineuse est un excellent fourrage qui peut participer à la résorption du déficit fourrager que connaît l'Algérie.

La conjugaison des résultats de la recherche scientifique sur la morphologie, la phénologie, la biochimie et la valeur nutritive et du savoir traditionnel et ancestral doit être le socle de tous les programmes de préservation, de sélection et d'amélioration génétique débouchant sur la domestication d'*H. flexuosum*.

Mots clés : Hedysarum flexuosum, composition chimique, valeur nutritive, stades phénologiques, savoir ethnobotanique, caractères morphologiques, Ruminants, Kabylie, Algérie.

ABSTRACT

This thesis is a part of the research theme aimed at characterizing *Hedysarum flexuosum* (or *Sulla flexuosa*), a local fodder resource, for its use in animal feed, especially that of ruminants. The work carried out in this thesis has been divided into five parts.

The first consisted at a review of the scientific work available in the literature on the use of species of the genus *Hedysarum* in animal nutrition.

The second step is to assess the chemical composition and nutritional value of different parts of the *H. flexuosum*, and their evolution according to the different phenological stages was carried out with the aim of retaining the most appropriate harvest stage. At the early flowering stage, the composition of the whole plant is (/ kg DM): 495 g of NDF, 381 g of ADF, 90 g of ADL, 166.1 g of PB and 17 MJ / kg of EB. At the budding stage, the chemical composition of the whole plant is clearly better, especially in terms of protein intake which reaches 225 g / kg DM. . By its nutritional contributions, *Sulla flexuosa* can be classified among the fodder of very good quality for ruminants (/ kg DM): 0.94 to 1.03 UFL; 0.87 to 0.98 UFV; 95-130 g of PDIE; 103 to 141 g of PDIN. The relative feed value (VAR) varying from 123.22 to 142.82 and the relative quality (QRF) estimated between 119.76 to 133.43 confirm the very good feed quality of this legume. In terms of nutritional value, *H. flexuosum* should be harvested or grazed at the budding stage, no later than early flowering.

In a third step, as important as the previous one for the conservation of *Sulla flexuosa* (*H. flexuosum*), the collection of information on the uses of this legume by breeders is one of the most important steps. For this, from April to June 2018, an ethnobotanical survey emphasizing the fodder use of this species was carried out through individual interviews with 114 breeders spread throughout the territory of the wilaya of Tizi-Ouzou. *Sulla* is reported in about twenty municipalities across the wilaya, where its appearance is especially noticed by breeders in December (19.8%) or even in February (20.7%). For half of the breeders, the *Sulla* grows mainly on sloping land. While the vast majority (84%) distinguish between the two forms plagiotropic and orthotropic, only almost half (45.3%) maintain that it is biennial and almost a third (34%) think that it is annual. It is all the breeders who use it and in animal feed and who report its use also in human food. In animal feed, three quarters of breeders use it in green (feed at the trough or pasture). Multiple correspondence analysis, followed by an ascending hierarchical classification, demonstrated that the geographical location, the type of forage, the storage of the *Sulla* hay and the number of hay bales harvested per hectare are the main characteristics that distinguish the five groups identified (G1, G2, G3, G4 and G5).

Determining forage production in natural habitats is also one of the most important factors in grazing management. Studies on the characteristics and distribution of its habitat are rare.

This research, which constitutes the fourth part of the thesis, was carried out in order to assess the extent of phenomorphological diversity in natural populations of *H. flexuosum* from different environments in the Tizi-Ouzou region (Algeria), and to analyze the relationships between diversity models and environmental parameters. Some morphological characters reflecting the behavior and the diversity of biogeographical origin of five natural populations of *H. flexuosum* collected in situ under edaphic and climatic conditions of the region of Kabylie, for five phenological stages (vegetative growth, budding, flowering, seed setting and seed

ripening), were determined. The sites have been chosen following the gradient East (Souama), West (Sidi Naamane), North (Timizart), and South (Ait Toudert) and site in the Center (Bousmahel). Plant samples harvested from 12 plants for stems and leaves parameters as a replication in each phenological stage. The parameters were: leaves number per plant, leaves number per stem, stems number per plant, weight of fresh leaves, weight dried leaves, weight of fresh stems and weight dried stems, Leaf/stem ratio for fresh and dry weight, and forage dry yields. Soil samples were analysed to determine pH, EC, total limestone, organic carbon percentage and soil texture. Results showed that this species grows in soils with lime amount between 0.63 to 20%, clay or clay loam texture, acidity from 7.62 to 8.40 and organic matters from 0.21 to 2.54%. Furthermore, results showed significant effect ($p < 5\%$) of *H. flexuosum* populations (sampling sites) and phenological stages on all traits, except leaf/stem ratio (fresh weight and dry weight). The findings of this study can be noticed for proper range management, conservation and development for this valuable species in such conditions.

The fifth and last part concludes our work on a very positive note and is part of the project to develop tables of chemical composition and nutritional value of pastoral and fodder species in Algeria. The chemical composition and nutritional value of five populations of *Sulla flexuosa*, a spontaneous legume, used by pastoralists in the Kabylie region in north-central Algeria (Ait Toudert, Bousmahel, Sidi Naamane, Souama and Timizart) were determined (vegetative stages and fruiting stages) in order to enhance this Fabaceae. *Sulla flexuosa* in green is very rich in crude protein (21.82% DM), particularly in Ait Toudert region. In the five collection regions, the digestibility of the organic matter of the *Sulla* (in green and in hay) is very high; its chemical composition and forage values (UFL, UFV, PDIE and PDIN) are also interesting. This legume is an excellent fodder, which can contribute to the absorption of the fodder deficit experienced by Algeria

The combination of the results of scientific research on morphology, phenology, biochemistry and nutritional value and traditional and ancestral knowledge must be the basis of all programs of preservation, selection and genetic improvement leading to the domestication of '*H. flexuosum*'.

Key words: Hedysarum flexuosum, chemical composition, nutritional value, phenological stages, ethnobotanical knowledge, morphological characters, Ruminants, Kabylie, Algeria.

AGZUL

La these agui tettwakhdem deg yiswi n unadi Xef tseflest n tsulla (*Hedysarum flexuosum*), Imakla taveldit n lmal ameqran d lqima-s deg umeddu iXersiwen. Lkhedma agui tevda Xef semmus n yehrichen, tamezwarut d anadi amassan Xef usexdem n tsulla di ddunit merra deg umeddu ighersiwen.

Deg uhric wissin, nesvegned la composition chimique d la valeur nutritive deg yehrichen imxalafen n tsulla aken adnesvan d achu id lawan iwulmen deg seggas i uhuccu ines. Ma atevdu tijjujegt n tsulla, la composition de la plante entière tettli (/kg MS) : 495 g d'NDF, 381 g d'ADF, 90 g d'ADL, 166,1 g de PB et 17 MJ/kg d'EB. Deg uhric n uskubbes n tsulla, la composition chimique de la plante entière tif tin n uhric n tjujegt an3ada deg l'apport protéique ittawdhen alma d 225 g/kg MS. Nezmer adnini belli Tasulla d tahcict ifazen i Imakla n lmal ameqran, tttmuddud (/kg MS) : 0,94 à 1,03 UFL ; 0,87 à 0,98 UFV ; 95 à 130 g de PDIE ; 103 à 141 g de PDIN. La valeur alimentaire relative (VAR) tettli gar 123,22 d 142,82 akked la qualité relative (QRF) attnaf si 119,76 alama d 133,43. S les valeurs agui nesvegn-d belli Tasulla ilaq atyekls lmal neX athuccen ma at skubbes ma n3eyyel-as tazwara ujujgeg.

Deg uhric wis krad nesseqsa 114 ifellahen n tmenadin imkhallafen deg Tizi Ouzou seg yevril ar jun 2018, af asekhdem n tsulla deg usecci n lmal nsen . Tasulla tmeqqid deg watas n tXiwanin (ighlev 20), llan ifellahen itiwalan deg dugember seg sen (19,8 %), deg furar (20, 7%). Nnefs n yifellahen nnand belli tasulla tmeqqid deg uskessar, imi ahric ameqran deg sen (84%) snen sin n ssenfati n tsulla plagiotrope et orthotrope, hala nnefs seg sen (45,3%) idinan belli tmaqquid aseggas af sin akked 34% seg sen nnand belli tmeqqid yal seggas. Akk ifellahen inesseqsa nnand sekhdamen tasulla deg usecci n lmal nsen u ssexdamant daXen i Imakla nsen ttazegawt negh ttafurut

Deg uhricwis ukuz nextar semmus temnadin n Tizi Ouzou, neksed akal seg set nwala les caractéristiques-is, umbe3d neksed les échantillons deg yal tamnadt 5 iverdan 3la hsav temXer n tehciat a seg tefsut alma d anevdu. Timnadin inextar d assamer (Souama), amalou (Sidi Naamane), agafa (Timizart) et Sud (Ait Toudert) d (Bousmahel) Deg tlemmast. Des échantillons n wakal nxedmast les analyses (pH, CE, calcaire total, pourcentage de carbone organique et la texture du sol). Les résultats svegnenaghd belli tasulla tmeqqit deg wakal iyes3an 0,63 d 20% n la chaux, d akal ameqran, iss3an une acidité gar 7,62 d 8,40 et des matières organiques de 0,21 à 2,54%. Nufad yella lxilaf ameqran gar tsulla idnhuch gar temnadt d tayed deg achal ifarrawen idettak , achal n ifurkawen ites3a , akked lXella-s.

Deg tagara nessawed ad naf la composition chimique akked la valeur nutritive n tsulla di temnadin imxallafen ukked les stades uheccu deg useggas i usekhdem-is. Tasulla tazegzawt tes3a atas n lfayda imi teccur d les matières azotées totales (21,82% MS) s watas deg Ait Toudert. Tasulla tezmer attsenqes seg ugur lexsas n l3ic n lmal ameqran di tmurt n lzayar.

Akken aner azal i tsulla ilaq anessemli timusniwin n yimnadiyen deg yal ahric akked tmusni n ifellahen akken anessawed anezra3 tasulla akka utnegrara ayerna anesfaydi c yes.

Imeslayen Tsura : Tasulla (Hedysarum flexuosum), composition chimique, valeur nutritive, stades phénologiques, savoir ethnobotanique, caractères morphologiques, lmal ameqran, tamourt lekvael, el zaier.

ملخص

هذه الأطروحة هي جزء من موضوع البحث الذي يهدف إلى توصيف *Hedysarum flexuosum* (أو *Sulla flexuosa*)، وهو مصدر علف محلي، لاستخدامه في علف الحيوانات، وخاصة المجترات.

تم تقسيم العمل المنفذ في هذه الأطروحة إلى خمسة أجزاء. الأول يتألف من توليف للعمل العلمي المتاح في الأدبيات حول استخدام أنواع من جنس *Hedysarum* في تغذية الحيوان. الخطوة الثانية هي تقييم التركيب الكيميائي والقيمة الغذائية لأجزاء مختلفة من *H. flexuosum* تم إجراؤها وتطورها وفقاً للمراحل الفينولوجية المختلفة بهدف اختيار مرحلة الحصاد الأنسب. في مرحلة الإزهار المبكرة، تكون تركيبة النبات 17 g de PB et 166,1 g d'ADL, 90 g d'ADF, 381 g d'NDF, 495 g d'NDF (kg MS). في مرحلة التبرعم، من الواضح أن التركيب الكيميائي للنبات بأكمله أفضل، خاصة من حيث تناول البروتين، والذي يصل إلى 225 جم / كجم من DM. من خلال مساهماتها الغذائية، يمكن تصنيف *Sulla flexuosa* من بين الأعلاف ذات النوعية الجيدة جداً للحيوانات المجترة. 0,94 (kg MS) ; 1,03 UFL ; 0,87 à 0,98 UFV ; 95 à 130 g de PDIE ; 103 à 141 g de PDIN تتراوح قيمة العلف النسبية (VAR) من 123.22 إلى 142.82 والجودة النسبية (QRF) المقدرة بين 119.76 إلى 133.43 تؤكد جودة العلف الجيدة جداً لهذه البقوليات. من حيث القيمة الغذائية، يجب حصاد *H. flexuosum* أو رعيها في مرحلة التبرعم، في موعد لا يتجاوز الإزهار المبكر.

، *Sulla flexuosa* (*H. flexuosum*) في خطوة ثالثة، لا تقل أهمية عن الخطوة السابقة للحفاظ على نبات يعد جمع المعلومات عن استخدامات هذه البقوليات من قبل المربين أحد أهم الخطوات. للقيام بذلك، من أبريل إلى يونيو 2018، تم إجراء مسح عرقي نباتي يركز على استخدام العلف لهذا النوع من خلال مقابلات فردية مع 114 مربياً في جميع أنحاء إقليم ولاية تيزي وزو. تم الإبلاغ عن سولا في حوالي عشرين بلدية عبر الولاية حيث لاحظ المربون ظهورها بشكل خاص في ديسمبر (19.8٪) أو حتى في فبراير (20.7٪) بالنسبة لنصف المربين، ينمو نبات السولا بشكل رئيسي في الأراضي المنحدرة. في حين أن الغالبية العظمى (84٪) تميز بين الشكليات بلوجيوتروبيك وتقويم العظام، إلا أن نصفهم تقريباً (45.3٪) يؤكدون أنه كل سنتين وتقریباً الثلث (34٪) يعتقدون أنه سنوي. كل المربين هم الذين يستخدمونه وفي علف الحيوانات والذين يذكرون استخدامه أيضاً في غذاء الإنسان. في علف الحيوانات، يستخدمه ثلاثة أرباع المربين باللون الأخضر (العلف في الحوض الصغير أو المرعى). أظهر تحليل المراسلات المتعددة، متبوعاً بتصنيف هرمي تصاعدي، أن الموقع الجغرافي، ونوع العلف، وتخزين قش السولا وعدد البالات التي يتم حصادها لكل هكتار هي الخصائص الرئيسية التي تميز تم تحديد المجموعات الخمس (G1 و G2 و G3 و G4 و G5).

يعد تحديد إنتاج الأعلاف في الموائل الطبيعية أحد أهم العوامل في إدارة الرعي. الدراسات حول خصائص وتوزيع موائلها نادرة. تم إجراء هذا البحث، الذي يشكل الجزء الرابع من الأطروحة، من أجل تقييم مدى التنوع الظاهري في التجمعات الطبيعية لـ *H. Flexuosum* من بيئات مختلفة في منطقة تيزي وزو (الجزائر)، وتحليل العلاقات بين نماذج التنوع والمعايير البيئية. تعكس بعض الصفات المورفولوجية سلوك وتنوع الأصل الجغرافي الحيوي لخمس مجموعات طبيعية من *H. flexuosum*. تم جمع فليكسوسوم في الموقع تحت الظروف المناخية والتكوينية لمنطقة القبائل لخمس مراحل فينولوجية (نهاية المرحلة الخضرية، البراعم، الإزهار، القرون الخضراء ونضوج البذور). تم اختيار المواقع حسب التدرج الشرقي (الصوامة) والغربي (سيدي نعمان) والشمالي (تيميزارت) والجنوبي (آيت تودرت) والموقع في المركز (بوسماهل). كانت المعلومات: عدد الأوراق لكل نبات عدد الأوراق لكل ساق، عدد السيقان لكل نبات، وزن الأوراق الطازجة،

وزن الأوراق المجففة، وزن السيقان الطازجة ووزن السيقان المجففة، نسبة الأوراق إلى الساق للوزن الطازج والجاف، ومحتوى العلف الجاف. تم تحليل عينات التربة لمعرفة الرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي، والحجر الجيري الكلي، ونسبة الكربون العضوي، وقوام التربة. أظهرت النتائج أن هذا النوع ينمو في تربة تحتوي على نسبة تتراوح بين 0.63 و 20٪ من الجير، وقوام طيني أو طمي، ودرجة حموضة 7.62 إلى 8.40، ومواد عضوية من 0.21 إلى 2.54٪. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً ($P > 0.05$) في تجمعات *H. flexuosum* (مواقع أخذ العينات) والمراحل الفينولوجية على جميع الصفات باستثناء نسبة الأوراق / الساق (الوزن الرطب والوزن الجاف). يمكن ملاحظة نتائج هذه الدراسة للإدارة السليمة والحفظ والتطوير لمجموعة من هذه الأنواع القيمة في ظل هذه الظروف.

يختتم الجزء الخامس والأخير عملنا بملاحظة إيجابية للغاية وهو جزء من مشروع تطوير جداول التركيب الكيميائي والقيمة الغذائية للأنواع الرعوية والعلفية في الجزائر. تم تحديد التركيب الكيميائي والقيمة الغذائية لهذه المجموعات الخمس من *Sulla flexuosa* (المراحل الخضرية والفاكهة) من أجل تعزيز هذه البقولية. *Sulla flexuosa* باللون الأخضر غنية بالمواد النيتروجينية الكلية (21.82٪ DM) خاصة في منطقة Ait Toudert. في مناطق التجميع الخمس، تكون قابلية هضم المادة العضوية في سولا (باللون الأخضر وفي القش) عالية جداً؛ التركيب الكيميائي وقيم العلف (UFL، UFL، PDIE و PDIN) مثيرة للاهتمام أيضاً. هذه البقوليات هي علف ممتاز يمكن أن يساعد في التغلب على نقص العلف في الجزائر.

يجب أن يكون الجمع بين نتائج البحث العلمي في علم التشكل والفينولوجيا والكيمياء الحيوية والقيمة الغذائية والمعرفة التقليدية والموروثة أساساً لجميع برامج الحفظ والاختيار والتحسين الوراثي التي تؤدي إلى تدجين *H. flexuosum*.

الكلمات المفتاحية: *Hedysarum flexuosum*، التركيب الكيميائي، القيمة الغذائية، المراحل الفينولوجية، المعرفة الإثنية النباتية، الصفات المورفولوجية، المجترات، القبائل، الجزائر.

Introduction générale

Les filières des productions animales ne couvrent pas les besoins de la population algérienne en protéines animales (Lait, viande, œuf). L'une des raisons est la sous alimentation causée par les coûts élevés des ressources alimentaires. Cette sous-alimentation empêche les animaux d'exprimer leurs potentiels de productions.

Ainsi, pour entretenir et nourrir des élevages de plus en plus importants, les éleveurs et agriculteurs se heurtent à plusieurs problèmes, principalement l'insuffisance des ressources fourragères et leur irrégularité, lesquelles sont accentuées par le réchauffement climatique. Ils n'ont à leur disposition que des ressources fourragères assez limitées constituées principalement par les chaumes de céréales, de la végétation spontanée des jachères pâturées et des parcours forestiers, steppiques et sahariens sur-pâturés et dégradés. La seule fourragère d'espèces fourragères cultivées est d'une superficie insuffisante et ne représente que 2,6% de la terre utilisée en agriculture (MADR, 2014).

Déjà, en 1948, Laumont a signalé le problème de l'affouragement du cheptel Algérien et qui malheureusement persiste à ce jour et on parle de déficit fourrager chronique (Houmani, 1999 ; Issolah, 2008). Cet état de fait conduit à la non couverture du besoin de base pour l'alimentation des ruminants et qui est « le fourrage » et à une surutilisation des aliments concentrés qui induit des déséquilibres métaboliques chez le cheptel qui ne produit qu'à de faibles rendements et assure des produits animaux de moindre qualité.

Une des solutions alternative consiste à exploiter certaines espèces végétales spontanées qui sont adaptées aux contraintes environnementales et apportant des rendements et valeur nutritive identiques, voir meilleurs que certaines espèces cultivées (Goumiri et Abdelguerfi, 1989 ; Zirmi-Zembri et Kadi, 2016; Bencherchali et Houmani, 2017; Bencherchali, 2018 ; Issolah, 2018 ; Bencherchali et al., 2019 ; ...).

Le genre *Hedysarum*, bien représenté en Algérie, constitue un patrimoine phytogénétique performant pour la production de fourrage, la protection des sols contre l'érosion, et la valorisation des parcours dégradés (Abdelguerfi, 2002). En effet, parmi les dix espèces méditerranéennes, neuf espèces sont rencontrées en Algérie (Abdelguerfi-Berrekia et al. 1991).

Parmi ces espèces, *Hedysarum flexuosum* connue également sous le nom d'*Hedysarum algériense* Pomel ou *Sulla flexuosa*, et communément appelée, Sulla. Elle se caractérise par une répartition Ibéro-nord-africaine, endémique du centre nord de l'Algérie et se développe dans les régions à pluviométrie moyenne supérieure à 550 mm, dans l'étage bioclimatique humide et subhumide (Abdelguerfi-Berrekia et al. 1991).

Beaucoup de travaux ont été réalisés sur l'autoécologie, l'identification et la caractérisation de ce genre, mais les études concernant le volet ethnobotanique sont inexistantes alors que celles concernant le volet composition chimique et valeur nutritive du *Sulla flexuosa* sont rares : Goumiri et Abdelguerfi (1989) ; Kadi et al (2011, 2012, 2015) ; Zirmi- Zembri et Kadi (2016) et El Yemlahi et al (2019).

Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse ont pour objectif principal la caractérisation d'*Hedysarum flexuosum* dans le but de sa valorisation en alimentation animale. Ils sont présentés en cinq parties sous forme d'articles, précédant une discussion générale :

1- Une synthèse bibliographique dont l'objectif est de souligner les potentialités du genre *Hedysarum* en nutrition animale afin d'augmenter les connaissances sur ces légumineuses et de permettre leur utilisation en nutrition animale comme source alternative de protéines, d'énergie, de fibres et de composants bioactifs. Article soumis pour publication.

2- La mise en valeur des données recueillies au niveau du laboratoire Nutrition animale et produit animaux de l'université de Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou. En évaluant la composition chimique et la valeur nutritive de différentes parties de la plante d'*Hedysarum flexuosum* et leur évolution en fonction des différents stades phénologiques dans l'optique de retenir le stade de récolte le plus approprié. Article publié.

3- L'étude ethnobotanique, dans la perspective de contribuer à la conservation d'*Hedysarum flexuosum*, le recueil d'informations sur les usages de cette légumineuse par les populations est une des étapes les plus importantes à fin d'assurer sa conservation. Une partie des données a été communiqué dans un symposium international. Article en cours de finalisation et soumission à la revue BASE (Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement).

4- Evaluation de la diversité phénologique dans les populations naturelles de *H. flexuosum* L. provenant de différents milieux de la région de Tizi-Ouzou, et analyse des relations entre les modèles de diversité et les paramètres environnementaux des sites de collecte. Article publié.

5- Partie qui s'inscrit dans le projet de mise au point des tables de composition chimique et de valeur nutritive des espèces pastorales et fourragères en Algérie. Il a pour objectif de caractériser cinq populations d'*Hedysarum flexuosum* récoltées pendant cinq différents stades phénologiques dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). Article soumis pour publication.

Références bibliographique

Abdelguerfi A. 2002. Les ressources génétiques d'intérêt fourrager et/ou pastoral : Distribution et variabilité chez les légumineuses Spontanées (*Medicago*, *Trifolium*, *Scorpiurus*, *Hedysarum* et *Onobrychis*) en Algérie (Doctoral dissertation, Thèse Doctorat d'Etat. INA, Alger. 433p et Annexes).

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. *Fourrages*, 126, 187-207.

Bencherchali M. 2018. Valorisation des espèces fourragères spontanées de la région centre de l'Algérie dans l'alimentation des animaux. Doctorat Es-Sciences en sciences agronomiques, Université SAAD DAHLAB, Blida.

Bencherchali M., Houmani M. 2017. Valorisation d'un fourrage de graminées spontanées dans l'alimentation des ruminants. *AgroBiologia*, 7(1), 346-354.

Bencherchali M., Houmani Z., Houmani M. 2019. Composition chimique et valeur alimentaire pour les ruminants du frêne oxyphylle (*Fraxinus oxyphylla* Bieb.). *Livestock Research for Rural Development*. Volume 31, Article #56.

El Yemlahi A., Arakrak A., Laglaoui A., Ayadi M., Bakkali M. 2019. Nutritional evaluation of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) ecotypes grown in Northwest region of Morocco. *Moroccan Journal of Biology*, 16 ,9-29.

Goumiri R., Abdelguerfi A. 1989. Contribution à l'étude des espèces spontanées de la tribu des Hedysarées en Algérie : Analyses chimiques du fourrage au stade végétatif. *Ann. Inst. Nat. Agron. El Harrach*, 13(2), 558-567.

Houmani M. 1999. Situation alimentaire du bétail en Algérie. *Recherches Agronomiques*, 4, 35-45.

Issolah R. 2008. Les fourrages en Algérie : Situation et perspectives de développement et d'amélioration. *Recherches Agronomiques* 22, 34-47.

Issolah R. 2018. Diversité et valorisation des ressources fourragères en Algérie : cas des genres *Trifolium* L. et *Hedysarum* L.(Fabaceae). Congrès national sur les ressources phytogénétiques en Algérie. INRAA - Alger, les 22, 23 et 24 octobre 2018

Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Oudai H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2012. Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. 10th *World Rabbit Congress - September 3-6, 2012 - Sharm El-Sheikh, Egypt*, 507-511.

Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M. and Gidenne T. 2011. Nutritive value of sun-dried Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and its effect on performance and carcass. *World Rabbit Sci.*, 19, 151-159

Kadi S.A., Guermah H., Mouhous A., Djellal F., Berchiche M. 2015. Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*): an not well-known forage legume of the Mediterranean coast. *Actas AEL nr. 6. EUCARPIA International Symposium on Protein Crops, V Meeting AEL, Pontevedra, Spain, May 4-7 2015*, 127-128.

Laumont P. 1948. Le problème de l'affouragement du cheptel Algérien. Délégation générale en Algérie, Direction de l'agriculture et des forêts, Série N°8.

MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). 2014. Statistiques agricoles, séries A et B. 44p et Annexes

Zirmi-Zembri N., Kadi S. A. 2016. Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28, Article #145.

Partie 1

Synthèse bibliographique

Zirmi-Zembri N., Kadi S. A. The genus *Hedysarum* in animal nutrition : A review. Article à soumettre pour publication.

The genus *Hedysarum* in animal nutrition: A review

N Zirmi-Zembri and S A Kadi

Department of Agronomic Sciences, Faculty of Biological Sciences and Agronomics Sciences,
Analytical Biochemistry and Biotechnologies Laboratory (LABAB)
Mouloud Mammeri University UN1501, Tizi-Ouzou, Algeria.
zembrinacima@gmail.com

Abstract

The genus *Hedysarum* is composed of a large number of annual and perennial forage species, widely distributed around the world. Plants belonging to the genus *Hedysarum* are used in many countries as green forage, hay or silage for many animals, including cattle, sheep, goats and rabbits. For chickens and pigs, the bioactive components of some *Hedysarum* species are used. Several *Hedysarum* species are exploited for environmental protection, landscape enhancement, and honey production and for their interesting pharmacological properties. The purpose of this review is to highlight the potentialities of *Hedysarum* in animal nutrition, in order to increase the knowledge of this plant and to allow its use in animal nutrition as an alternative source of proteins, fibre and bioactive components.

Key words: *Hedysarum*, nutritive value, rabbit, ruminant

Introduction

The legume family (Fabaceae) is the third largest flowering plant family with about 19,500 species in about 751 genera (Le Houérou 2006, Duan et al 2015). Legumes are important food sources for man and livestock and include several oilseed crops such as soybean and peanut (Jennings and Foster 2020). Rochon et al (2004) have shown that the legume based grazing systems have the ability to reduce environmental problems (soil, water and air pollution) by increasing the efficiency of N use and by avoiding a high transient surplus of soil mineral N.

Legume plants play a very important role in restoring poor and degraded soils, by fixing atmospheric nitrogen through their heterotypic relationship with telluric microorganisms that enrich forage with protein compounds (Borreani et al 2003; Julien and Huyghe 2010; Kellems and Church 2010; Sulas et al 2019). And offer an alternative to the use of synthetic industrial fertilizers (Vertès et al 2015; Delaby et al 2016). Forage legume are also widely used in many grassland-farming areas of the world, because of their nutritional value. Forage legume contain moderate levels of secondary compounds such as condensed tannins and flavonoids, which offer considerable advantages including increased efficiency of nitrogen (McMahon et al 2000). The effects of condensed tannins in forage legumes on digestion in ruminants, the potential use of tannin-rich forages for preventing bloat in grazing systems and their role in the use of proteins by reducing their degradability by rumen microorganisms have been established. Thus improving the utilization of these proteins within the digestive tract reduced incidence of bloat hazard (McMahon et al 2000; Andrée et al 2015). In addition, the condensed tannins of legume

confer higher resilience to parasites by anthelmintic properties (Molan and Bucksburn 2000; Molan et al 2000, 2002, 2003; Paolini et al 2002; Farruggia et al 2008; Hoste et al 2009; Tibe et al 2011; Hoste et al 2018). They also contribute to reduce the nitrogen and greenhouse gas (CH₄) emissions in the environment (Aufrère et al 2013; Piluzza et al 2014; Hoste et al 2018) and improve the growth and nutritional quality of animal products (Rochon et al 2004; Julien and Huyghe 2010).

The genus ***Hedysarum*** is composed of a large number of legumes species (Table 1), including annual and perennial forage and rarely shrubs. It mainly distributes in temperate Eurasia, with a few species in North Africa and North America (Le Houérou 2001 ; Choi and Ohachi 2003 ; Issolah et al 2006 ; Duan et al 2015; Zvyagina et al 2016 ; Liu et al 2017). *Hedysarum* species occur in various habitats such as alpine and arctic meadows, stony grasslands, deserts or seashores (Choi and Ohachi 2003). *Hedysarum* species play a key role in organic production and low-input oriented agriculture, and commonly used to enhance the productivity and sustainability of farming systems. They are a multi-use species that could be considered from different viewpoints. There is a growing interest in *Hedysarum* species in traditional and in non-traditional areas (particularly in New Zealand and Australia), due to its excellent adaptability to marginal and drought prone environments (Borreani et al 2003; Annicchiarico et al 2008). The main use of *Hedysarum* species is as a forage crop (for grazing, hay making, silage production) with good quality and a high protein content (Martiniello et al 2000; Borreani et al 2003; Di Grigoli et al 2012; Kadi et al 2012; Zirmi-Zembri et Kadi 2016, 2020a). It is composed by moderate levels of condensed tannins (Bonanno et al 2011) and has inflorescences rich in pollen and nectar producing a high-quality honey (Satta et al 2000; Jerković et al 2010). Amato et al (2016) showed that ***H. coronarium*** has a good potential as an energy crop.

In China, several species of the genus ***Hedysarum*** (***H. polybotrys***, ***H. limprichtii***, ***H. vicioider*** and ***H. smithianum***) were used in traditional Chinese medicine (Dong et al, 2013), they were utilized to increase the energy of the body with no less than 155 compounds (including flavonoids, triterpenes, coumarins, lignanoids, nitrogen compounds, sterols, carbohydrates, fatty compounds, and benzofuran). Dong et al (2013) explained these various chemical constituents contribute to the antioxidant, anti-tumor, anti-aging, anti-diabetic, and anti-hypertensive properties of these plants, *Hedysarum* species are used to treat infestation with gastrointestinal nematodes and may support the immune system and peripheral nervous system. Guarrera and Savo (2013) presented some edible plants promising for their interesting pharmacological properties, consumed by people throughout Italy because they help maintain health, such as ***H. coronarium*** attributed laxatives proprieties. Qais et al (2018) presented in there review of ***H. polybotrys*** which has a polysaccharide that improved hyperglycemia and hyperlipidemia associated with type 2 diabetes through several mechanisms such as increased insulin secretion, inhibition of lipid peroxidation, promotion of sensitivity to insulin, suppression of gluconeogenesis and reduction in the biosynthesis fatty acid, cholesterol and cell cytokines related to insulin resistance. Burlando et al (2017) showed that ***H. coronarium*** plant material is suitable for the development of pharmaceutical and cosmetical products targeting

major skin problems, such as inflammatory, degenerative and ageing processes, or the insurgence of cellulite.

The aim of this review is to point out the potentialities of *Hedysarum* in animal nutrition in order to increase the knowledge on this plant and to allow its use in animal feeding as an alternative protein, energy, fibre and bioactive component source.

***Hedysarum* species**

Hedysarum species are also known, according to Heuzé et al (2016), as Sulla, cock's-head, French honeysuckle, honeyplant, Italian sainfoin, soola-clover, Spanish sainfoin, sweet vetch, Sulla clover [English]; sainfoin d'Espagne, seille, sulla du nord [French]; sanfeno-da-Espanh, sula [Portuguese]; esparceta roja, pipirigallo, zulla, astorki [Spanish]; Spanische Esparsette, Französischer Süßklee, Italienischer Süßklee, Hahnenkopf [German]; lupinella selvatica, lupinellone, erba lupina, guarulio [Italian]; إكليلية فويلة [Arabic]; Копеечник венечный [Russian].

For this review, all data have been systematically compiled following the rigorous collection of information from several sources. To identify species of *Hedysarum* genus around the world (Fig.1, Table 1), literature survey was conducted online database including Integrated Taxonomic Information System (ITIS, www.itis.gov), Global Biodiversity Information Facility (GBIF, www.gbif.org) sites to inventory *Hedysarum* species and mainly Google scholar (<https://scholar.google.com>), and feedipedia.org (<https://www.feedipedia.org>) for the sources of information used in scientific available publications (articles, communications).

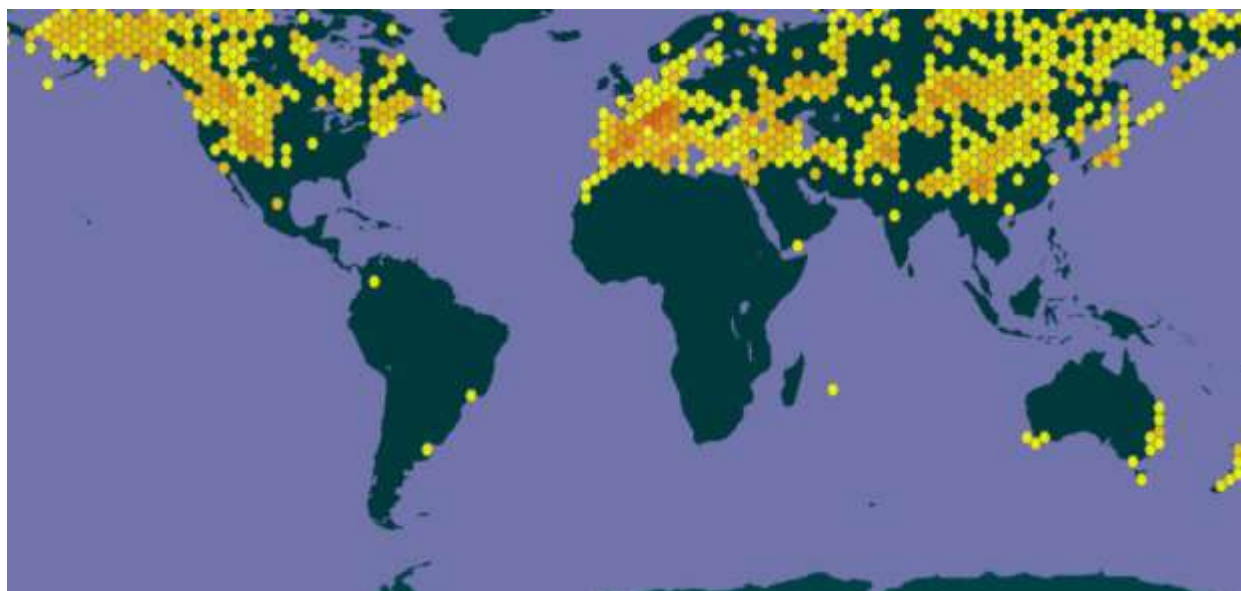


Fig1. The range of the genus *Hedysarum* in the world (Integrated Taxonomic Information System. Available at <https://www.gbif.org/species/2960767> Consulted on 2020 July 18)

Table 1. Country localisation of *Hedysarum* species around the world

Nº	<i>Hedysarum</i> species	Localisation	Reference
1	<i>H. aculeolatum</i>	Algeria, Morocco	1, 2, 4, 14, 28
2	<i>H. aculeatum</i>	Belarus, Kazakhstan	1, 26, 35
3	<i>H. afghanicum</i>	Afghanistan	1
4	<i>H. alaicum</i>	Kyrgyzstan, Uzbekistan	1, 3
5	<i>H. algidum</i>	China	1, 4, 14, 35
6	<i>H. alhagi</i>	Australia	11, 24
7	<i>H. alpinum</i>	Austria, Belarus, Canada, China, Finland, Germany, India, Italy, Japan, Korea D. P., Mongolia, Netherlands, Norway, Poland, Russian, Spain, Sweden, Switzerland, USA	1, 4, 5, 17
8	<i>H. al shehbazii</i>	Iraq	38
9	<i>H. amancutanicum</i>	Uzbekistan	1, 3, 25
10	<i>H. alpinum</i> var. <i>americanum</i>	Canada, Norway, USA, Western Asia	1, 4, 14, 34, 35
11	<i>H. anatolicum</i>	Turkey	4, 30, 35
12	<i>H. arbuscula</i>	Mongolia	1
13	<i>H. arcticum</i>	Mongolia, Russian	1, 4, 31
14	<i>H. argentatum</i> (<i>argyreum</i>)	Morocco	1, 2
15	<i>H. argentum</i>	Armenia, Georgia, Ukraine, Russian	1, 42
16	<i>H. argyrophyllum</i>	Russian	1
17	<i>H. armenium</i>	Armenia, Belarus, Turkey	1, 26, 4, 35, 42
18	<i>H. astragaloides</i>	India	1, 4, 35
19	<i>H. atomarium</i>	Turkey	1
20	<i>H. atropatanum</i>	Armenia, Azerbaijan, Iran, Russian	1, 4, 35, 42
21	<i>H. aucheri</i>	Turkey	1, 33
22	<i>H. auriculatum</i>	USA	1, 34
23	<i>H. austrokurilense</i>	Mongolia, Russian	1, 29
24	<i>H. austrosibiricum</i>	Kazakhstan, Russian	1
25	<i>H. baicalense</i>	Russian	1
26	<i>H. bajtenov</i>	Kazakhstan	1
27	<i>H. baldshuanicum</i>	Tajikistan, Uzbekistan	1, 25
28	<i>H. basineri</i>	Turkey	1
29	<i>H. bectauatavicum</i>	Kazakhstan	1
30	<i>H. belpheopterum</i>	China	1
31	<i>H. bifolium</i>	Brazil, Philippines	1, 32
32	<i>H. bojnordense</i>	Western Asia	35
33	<i>H. bordzilowskyi</i>	Armenia	42
34	<i>H. boreale</i>	Canada, Norway, Russian, USA	1, 19, 35
35	<i>H. boutignyanum</i>	France, Italy	1, 4, 35, 36
36	<i>H. boveanum</i> (= <i>Humile</i> = <i>confertum</i>)	Algeria, France, Morocco, Spain, Tunisia	1, 4, 2, 12, 35
37	<i>H. brachypterum</i>	China, Mongolia	1, 4, 35
38	<i>H. branthii</i>	Germany, Russian	1, 37
39	<i>H. brigantiacum</i>	France, Italy	1, 36
40	<i>H. bucharicum</i>	Afghanistan, Uzbekistan	1, 3, 4, 25, 35, 43
41	<i>H. cachemirianum</i>	India, Pakistan	1
42	<i>H. callichroum</i>	Turkey	1
43	<i>H. callithrix</i>	Iran	4, 14, 35
44	<i>H. campylocarpon</i>	China, Nepal	1, 4, 35
45	<i>H. candidissimum</i>	Turkey	1, 7, 35
46	<i>H. candidum</i>	Belarus, Russian, Ukraine	1, 18, 23, 26, 42
47	<i>H. canescens</i>	USA	44
48	<i>H. capitatum</i> (= <i>Sulla capitata</i>)	Algeria, France, Italy, Spain, Tunisia	1, 4, 5, 28
49	<i>H. cappadocicum</i>	Iran, Turkey	1, 6, 33, 35
50	<i>H. carnosulum</i>	USA	1, 34, 44
51	<i>H. carnosum</i> (= <i>Sulla carnosum</i>)	Algeria, Tunisia, Libya	1, 2, 4, 5, 14, 20, 28
52	<i>H. caucasicum</i>	Armenia, Georgia, Germany, Russian	1, 35, 42
53	<i>H. chaiyarakanicum</i>	Russian	1, 42
54	<i>H. chaitocarpum</i>	Kyrgyzstan, Uzbekistan	1
55	<i>H. chalchorum</i>	Mangolia	1, 29
56	<i>H. chinense</i>	China	1, 4, 14, 16, 35
57	<i>H. chitralensis</i>	Pakistan	1

Table 1. Continued one.

Nº	<i>Hedysarum</i> species	Localisation	Reference
58	<i>H. cinerascens</i>	Canada, USA	1,34
59	<i>H. cinerea-sericeum</i>	Turkey	1
60	<i>H. cisbaicalense</i>	Russian	1
61	<i>H. cisdarvasicum</i>	China	16
62	<i>H. citrinum</i>	China, Iran	1, 4, 35
63	<i>H. coelesyriacum</i>	Lebanon	1
64	<i>H. compactum</i>	USA	1
65	<i>H. consanguineum</i>	Mongolia, Russian	1, 29
66	<i>H. coronarium</i> (= <i>Sulla coronaria</i>)	Algeria, Argentina, Australia, Austria, Brazil, China, Denmark, France, Germany, Greece, Italy, Malta, Morocco, New Zealand, Norway, Portugal, San Marino, Spain, Sweden, Syria, Tunisia, Turkey, Scotland	1, 2, 5
67	<i>H. coronatum</i>	Brazil	1
68	<i>H. costaealentii</i>	Spain	1
69	<i>H. cretaceum</i>	Belarus, Kazakhstan, Russian, Ukraine	1,26
70	<i>H. criniferum</i>	Korea, Iran	1, 4, 14, 35
71	<i>H. cumushtanicum</i>	Kazakhstan	1
72	<i>H. cyprium</i>	Cyprus	1,9
73	<i>H. daghestanicum</i>	Russian	1,42
74	<i>H. dahuricum</i>	China, Mongolia, Russian	1
75	<i>H. damaghanicum</i>	Iran	1, 4, 35
76	<i>H. daraut-kurganicum</i>	Kyrgyzstan	1
77	<i>H. dasycarpum</i>	Canada, Russian	1
78	<i>H. dentatoalatum</i>	Western Asia	4, 14, 35
79	<i>H. denticulatum</i>	China, Kyrgyzstan, Tajikistan, Uzbekistan	1, 5, 12, 13, 35
80	<i>H. diphyllum</i>	Brazil	32
81	<i>H. dmitrevae</i>	Kyrgyzstan	1
82	<i>H. drobovii</i>	Uzbekistan	1
83	<i>H. dshambulicum</i>	Kazakhstan	1
84	<i>H. dumetorum</i>	Turkey	1
85	<i>H. ecbatanum</i>	Iran	1
86	<i>H. elegans</i>	Turkey	1, 20, 35, 42
87	<i>H. elbursense</i>	Iran	1,35
88	<i>H. elongatum</i>	Sweden	1
89	<i>H. elymaiticum</i>	Iran	1, 32, 35
90	<i>H. erythroleucum</i>	Turkey	1,35
91	<i>H. esculentum</i>	China, Japan	1
92	<i>H. exaltatum</i>	Italy	1
93	<i>H. falconeri</i>	China, India, Pakistan	1, 4, 35
94	<i>H. fallacinum</i>	Iran	1,35
95	<i>H. farinosum</i>	Iran	1
96	<i>H. fascicularis</i>	Mexico	1
97	<i>H. fedtschenkoanum</i>	Iran, Turkmenistan	28
98	<i>H. ferganense</i>	China, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Mongolia, Tajikistan, Russian	1,4, 14,16
99	<i>H. fistulosum</i>	China, Myanmar, India	1
100	<i>H. flavescens</i>	Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Sweden, Tajikistan, USA	1,26, 34
101	<i>H. flavum</i>	Kazakhstan, Russian	1
102	<i>H. flexuosum</i> (= <i>Sulla flexuosa</i>)	Algeria, Morocco, Netherlands, Spain, Sweden, Tunisia, USA	1, 2, 5, 28
103	<i>H. formosum</i>	Afghanistan, Armenia, Azerbaijan, Georgia, Iran, Russian	1, 4, 34, 35, 42
104	<i>H. fruticosum</i>	China, Mongolia, Russian	1,2, 5,22
105	<i>H. garinense</i>	Western Asia	35
106	<i>H. glabrifoliolatum</i>	Western Asia	35
107	<i>H. glomeratum</i> (= <i>Sulla glomerata</i>)	Algeria, Croatia, France, Greece, Italy, Malta, Morocco, Portugal, Spain, Tunisia	1, 2, 5, 28
108	<i>H. gmelinii</i>	China, Kazakhstan, Mongolia, Russian	1,4, 29,35
109	<i>H. gramineum</i>	Mauritius	1
110	<i>H. grandiflorum</i>	Belarus, Bulgaria, Georgia, Kazakhstan, Romania, Russian, Ukraine	1,18, 26, 42
111	<i>H. boreale</i> var. <i>gremiale</i>	Western Asia, USA	1,34
112	<i>H. gypsaceum</i>	Kyrgyzstan, Uzbekistan	1,3
113	<i>H. gypsophilum</i>	Western Asia	35
114	<i>H. haradjani</i>	Syria	1
115	<i>H. halophilum</i>	Iran, Turkmenistan	1,35

Table 1. Continued two.

Nº	<i>Hedysarum</i> species	Localisation	Reference
116	<i>H. hedysaroides</i>	Austria, Canada, China, Czechia, Finland, France, Germany, Italy, Japan, Liechtenstein, Russian, Slovakia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, Ukraine, USA	1,4, 14, 16, 35
117	<i>H. hemithammoides</i>	Tajikistan	1, 17, 35
118	<i>H. huetii</i>	Turkey	1,35
119	<i>H. hyrcanum</i>	Iran	1,35
120	<i>H. ibericum</i>	Armenia, Azerbaijan, Georgia, Turkey	1,35, 42
121	<i>H. iliense</i>	Kazakhstan, Kyrgyzstan, Mongolia, Tajikistan	1,29
122	<i>H. inundatum</i>	China, Mongolia, Russian	1, 4, 14, 16, 34, 35
123	<i>H. iomuticum</i>	Tajikistan, Uzbekistan	1
124	<i>H. iwawogi</i>	Japan	1
125	<i>H. jaxarticum</i>	Kazakhstan	1,17
126	<i>H. jinchuanense</i>	China	1, 4, 35
127	<i>H. johartchii</i>	Western Asia	35
128	<i>H. kalatense</i>	Western Asia	35
129	<i>H. karalaviense</i>	Kazakhstan	1
130	<i>H. ketenoglui</i>	Turkey	30
131	<i>H. Kirghisorum</i>	Kyrgyzstan	1
132	<i>H. kopetdaghi</i>	Afghanistan, China, Iran	1, 4, 12, 14, 35
133	<i>H. kotschyi</i>	Iraq, Syria	1, 35, 38
134	<i>H. krasnovii</i>	China,	1,5
135	<i>H. krylovii</i>	Kazakhstan, Mongolia	1, 4, 35
136	<i>H. kurdjashevii</i>	Uzbekistan	25
137	<i>H. kumaonense</i>	China, Nepal	1, 4, 14, 19, 35
138	<i>H. kurdicum</i>	Iraq, Turkey	1
139	<i>H. leave</i> (= <i>H. mongolicum</i>)	China	1,2, 22
140	<i>H. latibracteatum</i>	Russian	1
141	<i>H. lancifolium</i>	USA	1,34
142	<i>H. laxiflorum</i>	China	1
143	<i>H. laxum</i>	China, Turkey	1,22
144	<i>H. lehmannianum</i>	Afghanistan, Belarus, China	1,4, 5,14, 26,35
145	<i>H. leucocladum</i>	Turkey	1
146	<i>H. lignosum</i>	China	1
147	<i>H. longigynophorum</i>	China, Turkey	4, 14, 16, 35
148	<i>H. limifolium</i>	Australia	11
149	<i>H. limitaneum</i>	China	1
150	<i>H. limprichtii</i>	China	1,44
151	<i>H. linczevskyi</i>	Mongolia	29
152	<i>H. longipedunculatum</i>	Western Asia	35
153	<i>H. lucidum</i>	Indonesia	1
154	<i>H. lydiu</i>	Turkey	1
155	<i>H. macedonicum</i>	Macedonia	1
156	<i>H. boreale</i> var. <i>mackenziei</i>	Canada, Norway, USA, Western Asia	1,4, 14, 34, 35
157	<i>H. macranthum</i>	Turkmenistan	1, 4, 5, 35
158	<i>H. magnificum</i>	Uzbekistan	1,25
159	<i>H. maitlandianum</i>	Afghanistan	1
160	<i>H. malurense</i>	Afghanistan	1,35
161	<i>H. manaslense</i>	Nepal	1
162	<i>H. marandense</i>	Western Asia	4,35
163	<i>H. marginatum</i>	USA	1,34
164	<i>H. marilandicum</i>	France	1
165	<i>H. membranaceum</i>	Morocco,	1, 2, 5
166	<i>H. microcalyx</i>	India	1
167	<i>H. micropterum</i>	Iran, Turkmenistan	1, 12, 35
168	<i>H. mindshilkense</i>	Kazakhstan	1
169	<i>H. minjanense</i>	Afghanistan, Belarus, China, India, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Pakistan, Tajikistan	1,14,15,16,35
170	<i>H. minussinense</i>	Russian	1
171	<i>H. mogianicum</i>	Uzbekistan	1,25
172	<i>H. monophyllum</i>	Iran	4, 12, 35
173	<i>H. montanum</i>	Russian	1

Table 1. Continued three.

Nº	<i>Hedysarum</i> species	Localisation	Reference
174	<i>H. multijugum</i>	China	1
175	<i>H. muratense</i>	Uzbekistan	1
176	<i>H. nagarzense</i>	China, Spain	1
177	<i>H. narynense</i>	China	1
178	<i>H. naudinianum</i>	Algeria, Morocco	1, 2, 28
179	<i>H. neglectum</i>	Kazakhstan, Kyrgyzstan, Mongolia, Russian	1, 4, 14, 35
180	<i>H. nicolai</i>	Kazakhstan	1
181	<i>H. nitidum</i>	Armenia, Turkey	1, 40, 42
182	<i>H. nonnae</i>	Russian	1,9
183	<i>H. nuratense</i>	Uzbekistan	25
184	<i>H. obscurum</i>	Belarus, France, Germany, Mongolia, Switzerland, Turkey	1,26
185	<i>H. occidentale</i>	Canada, USA, western Asia	1, 4, 35, 44
186	<i>H. olgae</i>	Uzbekistan	1,25
187	<i>H. omisum</i>	Kazakhstan	1
188	<i>H. pabulare</i>	Western Asia, USA	1, 4, 44, 35
189	<i>H. pallens</i>	Greece	1
190	<i>H. pallidiflorum</i>	Kazakhstan	1
191	<i>H. pallidum</i> (= <i>Sulla pallida</i>)	Algeria, Morocco, Tunisia	1, 2, 5, 28
192	<i>H. pannosum</i>	Syria, Turkey	1, 10, 33
193	<i>H. papillosum</i>	Iran	1,35
194	<i>H. parvum</i>	Kyrgyzstan	1,35
195	<i>H. paucifoliolatum</i>	Western Asia	35
196	<i>H. perrauderianum</i>	Algeria	1, 2, 28
197	<i>H. persicum</i>	Western Asia	25
198	<i>H. paucifoliolatum</i>	Western Asia	35
199	<i>H. pavlovii</i>	Kazakhstan	1
200	<i>H. pestalozzae</i>	Turkey	1, 7, 35, 40
201	<i>H. petrovii</i>	China	1, 4, 14, 16, 35
202	<i>H. philoscia</i> (= <i>H. alpinum</i>)	USA	1,34
203	<i>H. phygium</i>	Turkey	1
204	<i>H. plumosum</i>	Belarus, Iran, Tajikistan, Uzbekistan	1, 25, 26, 35
205	<i>H. pogonocarpum</i>	Armenia, Jordan, Turkey	1, 8, 35
206	<i>H. polybotrys</i>	China	1,4, 14, 16, 22, 35, 44
207	<i>H. polymorphum</i>	Russian	1
208	<i>H. poncinsii</i>	China, Kyrgyzstan	1, 12, 13, 35
209	<i>H. praticolum</i>	Afghanistan	1, 35
210	<i>H. procundens</i>	Mexico	1
211	<i>H. pseudalhagi</i>	Australia	11
212	<i>H. pseudomicrocalyx</i>	India	1
213	<i>H. pseudostragalus</i>	China	1
214	<i>H. pskemense</i>	Kyrgyzstan, Uzbekistan	1
215	<i>H. pulchrum</i>	Kyrgyzstan	1
216	<i>H. pumilum</i>	China, Mongolia	1
217	<i>H. purpureo-pilosum</i>	Afghanistan	1
218	<i>H. pycnostachyum</i>	Turkey	1, 7, 40
219	<i>H. razoumowianum</i>	Russian	1
220	<i>H. rectum</i>	Spain	1
221	<i>H. renzii</i>	Iran	1, 35
222	<i>H. roseum</i>	Russian	1
223	<i>H. rotundifolium</i>	Turkey	1,40
224	<i>H. sachalinense</i>	Russian	1,5
225	<i>H. sangilense</i>	Mongolia, Russian	1

Table 1. Continued four.

Nº	<i>Hedysarum</i> species	Localisation	Reference
226	<i>H. santalaschi</i>	Kyrgyzstan	1
227	<i>H. sauzakense</i>	Afghanistan	1,35
228	<i>H. scoparium</i>	China, Mongolia	1, 2, 22
229	<i>H. semenowii</i>	Belarus, China, Kazakhstan, kyrgyzstan, Uzbekistan	1,4, 14, 26, 35
230	<i>H. seplendens</i>	Kazakhstan	1
231	<i>H. sericeum</i>	Armenia, Azerbaijan, Georgia, Iran, Russian, Turkey	1, 35, 42
232	<i>H. setigerum</i>	Korea Rep, Mongolia, Russian	1
233	<i>H. severzovii</i>	Kazakhstan	1
234	<i>H. sibiricum</i>	Belarus, India, Russian, Sweden	1,26
235	<i>H. sikkimense</i>	China, India, Nepal	1, 4, 35
236	<i>H. silicii</i>	Kosovo	1
237	<i>H. singarense</i>	Iraq	1, 4, 14, 35
238	<i>H. smithianum</i>	China	1
239	<i>H. songaricum</i>	China, Kazakhstan, Kyrgyzstan	1, 4, 5, 35
240	<i>H. speciosum</i>	China	1
241	<i>H. spinosissimum</i> (<i>Sulla spinosissima</i>)	Algeria, Cyprus, Egypt, France, Greece, Italy, Jordon, Libya, Morocco, Palestine, Portugal, Spain, Tunisia, Turkey, USA	1,2,5,28,35
242	<i>H. splendens</i>	Colombia	1
243	<i>H. spongoricum</i>	Kyrgyzstan	1
244	<i>H. stenophyllum</i>	Western Asia	35
245	<i>H. strictifolium</i>	India, Iran	1
246	<i>H. subglabrum</i>	Belarus, Kazakhstan, Russian	1,26
247	<i>H. sulphurescens</i>	Canada, Japan, USA	1, 27, 34
248	<i>H. sulphureum</i>	Armenia, Canada	1
249	<i>H. sultanovae</i>	Kyrgyzstan	1
250	<i>H. syriacum</i>	Iraq, Syria, Turkey	1, 10, 14, 35, 38
251	<i>H. taipeicum</i>	China	1, 4, 35
252	<i>H. talassicum</i>	Kazakhstan, Uzbekistan	1
253	<i>H. tanguticum</i>	China	1, 4, 14, 35, 44
254	<i>H.taoriparium</i>	China	1
255	<i>H. taschkendicum</i>	Kyrgyzstan, Kazakhstan, Uzbekistan	1,17
256	<i>H. tatsienense</i>	China	1
257	<i>H. tauricum</i>	Belarus, Bulgaria, Romania, Russian, Ukraine	1,23, 26,42
258	<i>H. theinum</i>	Kazakhstan, Mongolia, Russian	1,29
259	<i>H. thiochroum</i>	China	1
260	<i>H. tibeticum</i>	China	4, 5, 16, 35
261	<i>H. tongolense</i>	China	1
262	<i>H. trigonumerum</i>	China	1
263	<i>H. truncatum</i>	Russian, USA	1,34
264	<i>H. tschuense</i>	Russian	1, 42
265	<i>H. tuberosum</i>	China	1
266	<i>H. turesaninovii</i>	Russian	1
267	<i>H. turkestanicum</i>	Kyrgyzstan, Uzbekistan, Russian	1,15
268	<i>H. turkewiczii</i>	Turkey	42
269	<i>H. ucrainicum</i>	Russian, Ukraine	1
270	<i>H. uintahense</i>	Canada, USA	1,34
271	<i>H. ussurtense</i>	China, Japan	1, 4, 35
272	<i>H. utahense</i>	USA	1
273	<i>H. vanense</i>	Turkey, Iran	1, 4, 31
274	<i>H. varium</i>	Armenia, Azerbaijan, Iran, Iraq, Turkey	1, 4, 6, 7, 14, 35, 38, 40, 42
275	<i>H. vegettus</i>	Iran	42
276	<i>H. victifolium</i>	Turkey	1
277	<i>H. victoides</i>	China, Japan, Corea D.P., Russian	1,35
278	<i>H. villosum</i>	Mexico	1
279	<i>H. virginica</i>	Mexico	1
280	<i>H. viridissimum</i>	Iran	1
281	<i>H. volkii</i>	Afghanistan	1, 35, 43
282	<i>H. wakhanicum</i>	Afghanistan	1,35
283	<i>H. wangii</i>	China	16
284	<i>H. wrightianum</i>	Afghanistan, Armenia, Azerbaijan, Iran, Pakistan, Turkmenistan	1, 13, 35
285	<i>H. xanthinum</i>	Turkey	1
286	<i>H. xizangense</i>	China	4, 22, 35
287	<i>H. zeluanum</i>	Morocco	1
288	<i>H. zundukii</i>	Russian	1

Table 1. Continued five (Table legend).

1- www.gbif.org ; 2-Le Houérou (2001); 3-Tojibaev et al (2016); 4-Duan et al (2015); 5-Choi and Ohachi (2003); 6- Ünal et al (2012); 7-Ünal et al (2014); 8-Oçuz et al (2015); 9-Yavuz and Bulama (2020); 10-Arslan and Ertuğrul (2008); 11-Barker et al (2005); 12-Memariani et al (2016); 13-Heydari et al (2014); 14-Liu et al (2017); 15-Tojibaev et al (2014); 16-Liu et al (2019); 17- Oganessian et al (2018); 18-Dantchenko (1993); 19-Johnson et al (1989); 20-Gürsoya and Macit (2017); 21- Lunell (1916); 22-Zizhi and Degang (2006); 23-Diederichsen et al (2009); 24- Al-Snafi (2015); 25-Tojibaev (2019); 26-Kuzmenkova and Nosilovsky (2020); 27-Stubbs et al (1992); 28-Abdelguerfi-Berrakia et al (1991); 29-Urgamal et al (2014); 30-Başköse et al (2018); 31-Amirahmadi et al (2013); 32-Fortuna Perez and Deazevedotozzi (2011); 33-Tekin and Akyel (2018); 34-Welsh (1995); 35-Nafisi et al (2019); 36-Lonati et al (2011); 37-Seryodkin (2016); 38-Ranjbar et al (2007); 39-Dong et al (2013); 40-Akpınar and Yildiz (1999); 41-Tzamaloukas et al (2006); 42-Imachuyeva and Serebryanaya (2016); 43-Gilli (1966); 44-Song et al (2000).

Around the world, the uses of *Hedysarum* species are reported in feeding sheep (Piccioni 1965, Molle et al 2003, De Koning et al 2010, Bonanno et al 2011), goats (Bonanno et al 2007, Di Trana et al 2015), cows (Piccioni 1965, Woodward et al 2002, Min et al 2003, Chaves et al 2006), horses and mules (Piccioni 1965), and rabbits (Cucchiara 1989, Berchiche et al 1996, Kadi et al 2011, 2012, 2017a, 2017b). This legume is an effective example of a multipurpose species also used for production of honey (Jerković et al 2010). In addition, *Hedysarum* is used in poultry and pig as a bioactive component due to the tannins who limit the acceptability and its utilization.

Use of *Hedysarum* in ruminant nutrition

Hedysarum species produces high yields with very nutritious herbage for ruminants (Table 2). Several studies have shown that *Hedysarum* species have nutritional qualities (Abdelguerfi-Berrakia et al 1991; Douglas et al 1998; Martiniello et al 2000; Borreani et al 2003; Dentinho et al 2006; Chaker-houd et al 2017; Arab et al 2009; Zirmi-Zembri et Kadi 2016, 2020a, 2020b;) equal to or better than alfalfa (Zirmi-Zembri and Kadi 2016). *Hedysarum* species are used as forage for grazing (De Koning et al 2010), green fed (Flores et al 1997), hay (Douglas 1998; Foster 2010) and silage production (Douglas 1998; Leto et al 2002; Slim and Ben Djeddi 2012). They provide a good quality forage, with high protein content (Borreani et al 2003; Zirmi-Zembri and Kadi, 2020a). The nutritive value depends on the development stage at which the cutting is carried out; Zirmi-Zembri and Kadi (2020a) determined the nutritional characteristics of *H. flexuosum* over its growth cycle, with the aim of evaluating how the development stage affects its chemical composition, in order to determine its potential for ruminant feeding.

Condensed tannins (CT) found to be influencing ruminant nutrition, have been explored in several studies. Molan and Bucksburn (2000) and Molan et al (2000, 2002) demonstrated the anti-parasitic properties of tannins by both *in vitro* and *in vivo* studies. They reported that condensed tannins extracted from legume tanniferous forages such as *H. coronarium* reduced the proportion of *Trichostrongylus colubriformis* hatched eggs and inhibited egg development of lungworm, and gastrointestinal nematodes (mixed species of *Ostertagia*, *Oesophagostomum*, *Cooperia*, *Trichostrongylus*, and *Strongyloides*) in a dose dependent manner.

Terrill et al (1992) measured the effects upon body growth, wool growth and rumen metabolism of young sheep grazing of *H. coronarium* (40-50 g CT/kg DM) and pasture of *Lolium perenne*/ *Trifolium repens*/ *Holcus lanatus* (2-6 g CT/kg DM). Nutritional effects attributable to CT were assessed by oral administration of polyethylene glycol (PEG), to half the animals grazing each forage. They found rates of body growth were consistently higher for lambs grazing *H. coronarium* than those grazing pasture. Numbers of protozoa and molar proportions of w-butyrate in rumen fluid were increased by CT in sheep grazing *H. coronarium* but not pasture. They conclude that the higher rates of body growth and voluntary feed intake in lambs grazing *H. coronarium* was most likely to be due to its very high ratio of structural carbohydrate. However, Niezen et al (1995) evaluated the effects of ***H. coronarium*** which contains condensed tannins (CT) and Lucerne (*Medicago sativa*), which does not contain CT, on the performance of parasitized and non-parasitized lambs. They found the superior performance of lambs grazing ***H. coronarium*** probably due to the condensed tannins, which decrease protein degradation in the rumen and can increase post-ruminal protein availability. They conclude that condensed tannins conferring the additional advantage for ***H. coronarium*** over other perennial legume such as Lucerne (*Medicago sativa*) of anti –bloating properties. Stienezen et al (1996) realized a feeding trial to determine the digestibility of ***H. coronarium***; twelve sheep fed ***H. coronarium*** (15.5% DM, 33% leaf, 41% stem, 26% flower, 7.2% CT/DM) as sole diet for the twenty-days experimental period of which six sheep were given twice daily oral drench of polyethylene glycol (PEG). They have noticed that digestibility is lower in tannins animals (75%) than those given PEG (72.5%), CT reduced N digestibility 63.1% to those given PEG (77.1%) and this is associated with a reduction in rumen ammonia concentration (155 vs 259 mole/ml). Plasma urea concentration were also lower in tannin sheep than in those gives PEG (7.4 vs 8.8). They conclude that CT of ***H. coronarium*** affected the digestion, absorption and metabolism of nutrients. Douglas et al (1999) measured the effects of dietary condensed tannins (CT) on growth and performance of young male weaned lambs during a 4 months grazing trial when either birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) cv. Grasslands Goldie or ***H. coronarium*** cv. Grasslands Aokau were fed. The authors showed that both forages are able to provide a high level of productivity, but the CT in *H. coronarium* can be detrimental to carcass yield from young lambs given this forage as a sole diet for a prolonged period. However, the ***H. coronarium*** produces substantially more DM and was better utilized by lambs than birdsfoot trefoil, and is able to sustain high levels of animal production per hectare. Tzamaloukas et al (2006) investigated the effects of grazing different bioactive forages on acquired immunity against *Teladorsagia circumcincta* infection. The development of immunity was assessed by following the response of trickle infected lambs grazing chicory, ***H. coronarium*** or grass/clover, to a single challenge infection. Parasite-naïve lambs, grazing grass/clover, were also challenged with the single infection dose providing the uninfected control (UGC) group. They remarked trickle infection significantly reduced worm establishment, inhibited larval development and increased mucosal mast cell and globule leucocyte cells. Grazing treatment significantly affected recoveries of the trickle-infected lambs, with grass/clover group always carrying higher worm burdens than either chicory or *H. coronarium* lambs. They conclude the elevated immune responses against *T. circumcincta* infections in growing lambs grazing on

either ***H. coronarium*** or chicory compared to those grazing on grass/clover. Probably, due to differences in forage nutritional values. Molle et al (2008) explained that for lactating sheep, pastures of ***H. coronarium*** and chicory (*Cichorium intybus*) can be integrated with annual grasses for establishing artificial pastures under rainfed conditions. Diets based on these forages, while ensuring high milking performance, can mitigate the unbalance of CP to energy ratio of grazing sheep. However, Molle et al (2009) tested the effect of condensed tannins on feeding behaviour, intake, diet digestibility and performance of dairy sheep rotationally grazing ***H. coronarium*** at flowering stage, they conclude that when ***H. coronarium*** is grazed at flowering as monoculture, dietary CT can exert negative effects on dry matter and crude protein apparent digestibility. Bonanno et al (2011) assessed the nutritional effects of ***H. coronarium*** forage on growth of lambs, and carcass and meat quality, thirty-two male Comisana lambs were fed fresh forage of ***H. coronarium*** or CT-free annual ryegrass for 49 days until slaughter. Eight lambs per diet had been previously treated with anthelmintic drugs to remove nematode parasites. They found relative to ryegrass-fed lambs, ***H. coronarium***-fed lambs had significantly greater dry matter and protein intake, a more favourable feed conversion ratio, and superior growth rate, final BW at 150 days of age, carcass weight, yield and fatness. They attributed these to the high protein and non-structural carbohydrate and to the moderate CT content of *H. coronarium*.

Table 2. Practical conclusions or recommendations in the use of *Hedysarum* in ruminant nutrition

Reference	Practical conclusions or recommendations
Terrill et al (1992)	The higher rates of body growth and voluntary feed intake in lambs grazing <i>H.coronarium</i> was most likely to be due to its very high ratio of readily fermentable structural carbohydrate.
Niezen et al (1995)	The superior performance of lambs grazing <i>H.coronarium</i> than those grazing on alfalfa was probably due to the condensed tannins.
Stienezen et al (1996)	Condensed tannins of <i>H. coronarium</i> affected the Digestion, absorption and metabolism of nutrients
Douglas et al (1999)	<i>H. coronarium</i> produces substantially more dry matter and is better utilised by lambs than birdsfoot trefoil, and is able to sustain high levels of animal production per hectare.
Hoskin et al (1999)	Growth and carcass weight were higher of young deer grazing <i>Hedysarum</i> due to a higher feeding value of <i>H. coronarium</i> due of an increased utilization of digested nutrients.
Molle et al (2000)	<i>H. coronarium</i> improves the diet of dairy sheep grazing grasses during spring by increasing DDMI and CPI as compared with ryegrass. Hence, it enhances sheep milk yield and, in the meantime, improves fat and protein reserve recovery.
Leto et al (2002)	Conserving <i>H. coronarium</i> as silage can be used as an alternative to <i>H. coronarium</i> -hay. The <i>H. coronarium</i> silage increased the ewes body weight and without show significant differences among the mature cheese.
Woodward et al (2002)	Cows fed <i>H. coronarium</i> produced less methane production per unit DMI (19.5 vs. 24.6 g CH ₄ /kg DM) and per unit milk solids yield (243.3 vs. 327.8 g CH ₄ /kg MS) than those fed ryegrass due to the higher nutritive value of <i>H. coronarium</i> compared with the ryegrass, and possibly the presence of CT.
Molle et al (2003)	The complementary grazing of <i>Hedysarum</i> using a technique based on the time-restricted allocation is confirmed to be useful for improving the nutrition and performance of sheep basically fed on grassland
Priolo et al (2005)	Conjugated linoleic acid was present at double concentration in the fat from animals fed fresh <i>H. coronarium</i> (with or without PEG) compared to those given concentrates.
Chaves et al (2006)	No difference in cow performance with the four silage supplements and the low milk solids (MS) production (about 1.0 kg MS/d) relative to full pasture (1.3 kg MS/ d) showed the principal limitation to performance was dry matter intake.
Dentinho et al (2006)	Fresh <i>H. coronarium</i> 98 is a forage with good nutritive value; the crude protein has a high apparent digestibility and was extensively degraded in the rumen. Conservation as hay or haylage led to a decrease in the nutritive value, particularly the protein fraction.
Tzamaloukas et al (2006)	Elevated immune responses against <i>Teladorsagia circumcincta</i> infections in growing lambs grazing on either <i>H. coronarium</i> or chicory compared to those grazing on grass/clover, probably due to differences in forage nutritional values.
Bonanno et al (2007)	Overstocking of goats grazing <i>H. coronarium</i> forage has a negative effect on individual goat's productivity.
Molle et al (2008)	Lactating sheep grazing <i>H. coronarium</i> and <i>Cichorium intybus</i> integrated with annual grasses ensured high milking performance. And mitigate the unbalance of CP to energy ratio of grazing sheep.
Cabbidu et al (2009)	Milk of condensed tannins exposed ewes grazing <i>Hedysarum</i> at flowering, although low in c-9 t-11 CLA, is high in beneficial omega 3 Fatty Acid.
Molle et al (2009)	Sheep rotationally grazing <i>H. coronarium</i> at flowering stage as monoculture, CT can exert negative effects on dry matter and crude protein apparent digestibility.

Table 2. Continued

De Koning et al (2010)	Ewe hoggets grazing <i>H. coronarium</i> -based pastures showed increased wool growth and less soiling in the breech area. Nutritive value of the two pasture types was similar in winter; however, the <i>H. coronarium</i> -based pasture had superior nutritive quality in spring.
Bonanno et al 2011	<i>H. coronarium</i> -fed lambs had significantly greater dry matter and protein intake, a more favourable feed conversion ratio, and superior growth rate due to the high protein and non-structural carbohydrate content of <i>Hedysarum</i> , and to the moderate CT content.
Slim & Ben djeddi (2012)	<i>Sulla</i> is a particularly interesting forage species but, as most forage species of the Fabacea family, conserving it as silage is difficult. Several techniques aimed at improving the silage, only <i>Sulla</i> left to wilt for 48 hours and 72 hours, respectively conditioned and non-conditioned, provided superior-quality silage.
Di Trana et al (2015)	<i>Hedysarum</i> fresh forage exerts an antioxidant activity due to its secondary compounds that provide additional antioxidant value, thus <i>Hedysarum</i> forage appears to be a promising strategy for improving products quality.
Bonanno et al (2016)	Its favourable chemical composition and moderate condensed tannin (CT) content results in increased forage intake, milk yield and casein in ewes, leading to cheese that is higher in polyunsaturated and n-3 fatty acids (FA), which have beneficial effects on human health.

Molle et al (2000) identified the complementary nutritive patterns of the pastures of reseeding annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin), and the short-lived legume ***H. coronarium*** for sheep milk production (Sarda milk ewes). They conclude that crude protein intake was higher for ***H. coronarium***, in fact increased ewe milk yield and improved body fat and they recommended to integrate these species in ewes' diets. Leto et al (2002) compared two methods of storage of ***H. coronarium***- and oat-grass (silage or hay) on lactating ewes, housed indoors and were fed ad libitum twice a day, either ***H. coronarium*** and oat-hay (control group) or Hedysarum- and oat-silage in partial substitution of hay (silage group). Both groups were fed with 0.5 kg of commercial concentrate. The dietary treatment started 60 days post-lambing and lasted for 58 days. They found that silage group ewes did not show significant differences as regards daily milk yield, fat percentage, and protein percentage, but increased their body weight. Cheese yield and microbiological analysis did not show significant differences among the mature cheese of both groups. Molle et al (2003) confirmed the usefulness of the complementary grazing of Hedysarum using a technique based on the time-restricted allocation for improving the nutrition and performance of sheep basically fed on grassland. Bonanno et al (2007) examined the effects of stocking rate (SR) on selective behaviour, herbage intake and milk production of 24 Girgentana goats divided into three homogeneous groups grazing *H. coronarium* monoculture under stocking rate of 30, 50 or 70 goats/ha (Low SR, Medium SR and High SR). They observed that grazing at HSR was suspended 18 days before MSR and LSR (35 vs. 53 d), due to the low biomass availability. Over the first 35 d of grazing, the HSR reduced height and availability of herbage. The herbage intake and milk yield of goats increased from HSR to LSR, without relevant changes in milk quality. During all grazing period (53 d), the higher grazing pressure led to a lower total milk yield per goat, whereas the HSR produced the highest daily and total milk amount per ha. They confirmed that overstocking has negatively affected individual goat's productivity. According to De Koning et al (2010), livestock production data from *H. coronarium*-based pastures is required to enable farmers to make informed decisions about its potential benefits to their livestock enterprise. *H. coronarium*-based paddocks and control pasture paddocks were established in South Australia during 2007 to compare the production of sheep grazing the two different pasture types. A winter and spring grazing trial were conducted in 2008 and 2009, respectively. Live-weight gain, wool growth, soiling of wool around the breech area and nutritive value of the pastures were measured. Nutritive value of the two pasture types was similar in winter, however the *H. coronarium*-based pasture had superior nutritive quality in spring.

Bonanno et al (2016) identified positive impact of ***H. coronarium*** forage on ruminant production, in part due to its moderate content of condensed tannin (CT), which inhibits the complete ruminal biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids (PUFA) grazing Hedysarum improved the performance of ewes, by increasing, especially with short grazing time, the nutritional properties of cheese fat.

Di Trana et al (2015) allocated twelve milking Girgentana goats into three groups, ***H. coronarium*** fresh forage group (D1), *H. coronarium* fresh forage and 800 g/d of barley meal group (D2), and mixed hay and 800 g/d of barley meal group (D3). They observed that D1 and D2 diets, increased dry matter, total polyphenol, non-tannic polyphenol and tannin intakes, milk

total protein, casein, milk total polyphenols, and milk free polyphenols compared with the D3 diet. Plasma from the D1 and D2 fed goats exhibited greater total antioxidant capacity and greater total polyphenol and free polyphenol levels compared with the plasma from the D3 group. They conclude that *Hedysarum* fresh forage exerts an antioxidant activity due to its secondary compounds that provide additional antioxidant value, thus *Hedysarum* forage appears to be a promising strategy for improving products quality. Cabiddu et al (2009) evaluated the effect of polyethylene glycol (PEG) supplementation on the fatty acid composition of milk from twenty-four late-lactating Sarda sheep grazing *H. coronarium*. Group control (CON), dosed daily with aquenching gun with 200 ml of water, and group PEG, dosed with 200 ml of a 50/50 w/v water solution of PEG. The sheep grazed two 0.8 ha plots of *Hedysarum* under a rotational grazing scheme. They found that CT in *Hedysarum* at flowering are conducive to lower c-9, t-11CLA and had a detrimental effect on rumen microbes' activity as can be seen from the lower milk urea and Odd branched chain fatty acids concentrations in CON than PEG milk. The inactivation of tannins by PEG increased vaccenic acid and c-9 t- 11 CLA, but this was partially counterbalanced by the increase of the $\omega 6/\omega 3$ ratio and total trans FA concentration. They conclude that the milk of Condensed Tannins exposed ewes grazing *Hedysarum* at flowering, although low in c-9 t-11 CLA, is high in beneficial omega 3 Fatty Acid. Dewhurst et al (2006), showed when cows or sheep grazed pasture species that are high in tannins (*Lotus corniculatus* L. or ***H. coronarium*** L.), they produced milk that was higher in Alpha linolenic acid (omega-3) than when, they grazed *Lolium perenne* L. High recovery of ALA was attributed to tannin inhibition of strains of bio-hydrogenating ruminal bacteria species: *Butyrivibrio fibrisolvens* (Dewhurst et al, 2006).

Hoskin et al (1999) compared Live weight gain, voluntary feed intake, and carcass production of pure red and hybrid deer calves grazing *H. coronarium*, *Cichorium intybus*, or *Lolium perenne/Trifolium repens* pasture from weaning in March to slaughter in December of the same year, at approx. one year of age. They found, final live weight of deer grazing *H.coronarium* was significantly higher than for deer on pasture or on *C. intybus*. Deer grazing *H.coronarium* had greater carcass weights than deer grazing pasture or *C. intybus* hinds. Hybrid stags had significantly greater carcass weights than red stags and hybrid hinds. They concluded that the increased growth and carcass weight of young deer grazing *H.coronarium* was caused by a higher feeding value of *H.coronarium*, with a component of this being increased utilization of digested nutrients.

Woodward et al (2002), conducted an experience, in late summer using Friesian and Jersey dairy cows investigated whether feeding *H. coronarium*, reduced methane emissions without compromising milk solids production. They found that cows grazing *H. coronarium* had higher intake (DMI; 13.1 vs. 10.7 kg DM/cow/d and milk solids production (1.07 vs. 0.81 kg MS/cow/d) than cows grazing perennial ryegrass pasture. Total daily methane emissions were similar (253.9 vs. 260.0 g CH₄/cow/d). However, cows fed ***H. coronarium*** produced less methane production per unit DMI (19.5 vs. 24.6 g CH₄/kg DM) and per unit milk solids yield (243.3 vs. 327.8 g CH₄/kg MS), than those fed ryegrass due to the higher nutritive value of ***H. coronarium*** and possibly to the presence of CT. Chaves et al (2006), tested five groups of ten

cows, which were grazed on a restricted daily allowance of 18 kg dry matter (DM) pasture/cow to simulate a summer pasture deficit, and four of these five groups received an additional 6 kg DM/ cow/day of silage (*H. coronarium*, maize, or *H. coronarium* and maize silages). A sixth group was given a relatively unrestricted (38 kg DM/ cow/d) pasture allowance. The silage mixtures and pasture were incubated in sacco during the final week of the trial. The pasture was of high nutritive value and not typical of usual summer conditions, which favoured a response to quantity rather than quality of silage supplements. They found no difference in cow performance with the four silage supplements and the low milk solids (MS) production (about 1.0 kg MS/d) relative to full pasture (1.3 kg MS/ d) showed the principal limitation to performance was dry matter intake. Milk composition was not affected by silage type and the low level of pasture substitution (0.29). They suggested metabolizable energy (ME) was the principal limitation to performance. Samples of rumen liquor and in sacco data demonstrated significant effects of supplement; DM degradation rates (k) was highest (0.084 h⁻¹) when cows were fed 6 kg *H. coronarium* silage whereas diets with a high proportion of maize silage were slowly degraded.

Piccaglia et al (2003) harvested a wild *H. coronarium* grown in northern Italy for three development stages and evaluated on the basis of its chemical composition and its suitability for ensiling, changes in phenolics and lignin composition were also determined by HPLC and PY/GC/MS because of their relationship to forage digestibility. Wild *H. coronarium* was characterised by high protein and sugar content (213-152 g/ kg and 77-56 g/kg of dry matter respectively) but also by a high percentage of lignin (171-184 g/ kg DM). They observed a decrease of protein and sugar content with advancing maturity, and obtained a good ensiling process only with forage reaching, after wilting, a dry matter value of about 350 g/ kg. They found a change in the relative ratios of lignin constituents, indicated by an increase of guaiacyl and syringyl units and a corresponding decrease of the p-hydroxyphenyl ones, were found during *H. coronarium* growth. Priolo et al (2005) assigned twenty-four male Comisana lambs aged 85d to one of three treatments; D1 group (fresh *H. coronarium*), D2 (fresh *H. coronarium* and once daily 80g of polyethylene glycol PEG) and D3, the control group (commercial concentrate and oats hay). The animals were slaughtered at 148d of age. They found carcass yield was lower in the animals of D1, compared to those given D2, and meat from *H. coronarium* lambs was lighter in colour due to the presence of CT. Saturated fatty acids 10:0, 12:0, 14:0 and 16:0, also, Linoleic acid (18:2 n-6) were at higher concentrations in the fat from D3 animals compared to the D1 and D2 groups. Four-fold increased linolenic acid (18:3 n-3) by grass diets as compared to D3 diet. Addition of PEG to the *H. coronarium* diet reduced this fatty acid concentration. Conjugated linoleic acid was present at double concentration in the fat from animals fed D1 and D2 compared to those given D3. Among the long chain n-3 fatty acids, eicosapentaenoic acid (22:5; EPA) was higher in the fat from D1 and D2 groups compared to the control group. The n-6:n-3 ratio was increased by three-fold in animals given concentrate as compared to those receiving *H. coronarium*.

Several studies have been devoted to the analysis of the chemical composition and the estimation of the nutritive value of different species of the genus *Hedysarum*. Already in 1965, Piccioni noted the high protein value of *H. coronarium* (19 to 20% CP/kg DM). In order to

characterize the local plant material, Goumiri and Abdelguerfi (1989) dosed chemical analysis of three species of Hedysarum: *H. aculeolatum* (11.80 CP/kg DM), *H. coronarium* (15.10 CP/kg DM) and *H. flexuosum* (14.91 CP/kg DM). Borreani et al (2003) demonstrated that precise prediction of quality of *H. coronarium* in the field would enable harvests to be conducted at appropriate nutritive composition levels. Just after, in 2004, Boussaid et al interested to reflections about the actual situation of the global North African pasture species and particularly trait of legumes, among them *H. carnosum* (18 % CP/kg DM) ; pastoral plant in the North African arid areas, which constitute the principal natural resource for animal diet. Gaspari et al (2004) evaluated three developing stages of fresh and wilted silage of *H. coronarium* early flowering (16.58 % and 17.68 CP/kg DM), full flowering (15.65 % and 15.82 CP/kg DM) and seed pod (12.85 and 13.70 %CP/kg DM) respectively. Dentinho et al (2006) studied the effect of the preservation method of *H. coronarium* L. harvested at full bloom stage, sundried (hay) and ensiled after wilting to 30% dry matter (DM). Three rumen-cannulated rams were used to determine in situ degradability, the "in vivo" apparent digestibility of organic matter (OM), CP, NDF and ADF were 62.5%, 68.3%, 35.3% and 34.7%, respectively. They found the values of effective degradability (ED) of DM, OM, CP, NDF and ADF in fresh feed: 71.7, 70.0, 81.1, 46.8 and 51.6, respectively and a decrease of ED with conservation was observed. They conclude the conservation as hay or haylage decreased the nutritive value of *H. coronarium*, particularly the protein fraction. Arzani et al (2013) sampled eighteen rangeland species at three different phenological stages (vegetation, flowering, seeding), *H. wrightianum* has the higher value of CP (23.14 %), DMD (13.35) and ME (3.83). Gürsoya and Macitb (2015) determined the in vitro gas production values, gas production parameters, organic matter digestibilities (OMD), metabolizable energy (ME), net energy lactation (NEL) and chemical composition of 12 different legume forages among them *H. elegans* grown as naturally in the pastures of Erzurum province (Turkey). They found in the analyses 16.38% CP, 52.40% NDF, 34.80 % ADF, 11.34 % ADL, 7.49 ME, 4.37 NEL. Amato et al (2016) evaluated the potential value for energy production of *H. coronarium* cut at various stages of growth. After analysis they conclude the leaf fraction contains most of the protein of the plant, representing an actual protein concentrate (18.89 to 24.9 %CP/DM). Chaker-Houd et al (2017) evaluated the nutritional composition, in vitro digestibility, and forage quality of naturally growing *H. coronarium* in three zones of northeastern of Algeria (Mila, El Tarf and Jijel). Both green and dried forms were characterised. Green *H. coronarium* especially that from Jijel, had very high protein content (20.85% DM). El Yemlahi et al (2019) evaluated natural and autochthonous forage species in Northwest of Morocco, *H. flexuosum* was collected at late vegetative stage in five sites in order to determine chemical composition, mineral content and in vitro enzymatic digestibility of the whole plant. They found crude protein (CP) content varies from site to site (14.71 to 21.81% CP/DM).

Use of Hedysarum in rabbit nutrition

Hedysarum species could be considered as a nutrient substitute for conventional rabbit feeds (Cucchiara 1989; Berchiche et al 1996; Bovera et al 2008; Kadi et al 2011, 2012; 2015, 2017a, 2017b) and the vegetative part of the Hedysarum plant could be a useful resource for rabbit feeding, due to its high yield and chemical characteristics. It has been used in several

experiments (Table 2) on the incorporation of forage, fibre sources, and protein concentrates in rabbit feeding, it a raw material of value similar to that of alfalfa (Lebas and Duperray 2013). Kadi et al (2012) reported a better growth, when *H. flexuosum* fresh whole plant was used as rabbit ration.

Ikram et al (1987) investigated eight Pakistani medicinal plants (*Aconitum napellus* stems, *Corchorus depressus* whole plant, *Gmelina asiatica* roots, *Melia azadirachta* seeds, *Tinospora cordifolia* stems, *Vitex trifolia* seeds, *A. heterophyllum* roots and ***H. alhagi*** aerial parts) for antipyretic activity in rabbits. Young rabbits of both sexes, weighing between 1500 g and 1800 g were selected from a locally bred Himalayan strain stock receiving subcutaneous yeast injections. Hexane and chloroform soluble extracts of *A. napellus*, *C. depressus* and *G. asiatica* exhibited prominent oral antipyretic activity while insignificant antipyretic effects were found in the hexane and chloroform soluble portions of *M. azadirachta*, *T. cordifolia* and *V. trifolia*. No antipyretic actions whatsoever were produced by extracts of *A. heterophyllum* and ***H. alhagi***.

Cucchiara (1989) tested two diets, a control diet contains 35 % dehydrated alfalfa (12% CP and 32.42 % weende fibre), and the second diet formulated to substitute totally alfalfa with dehydrated ***H. coronarium*** (14.52% CP and 20.68% Weende Fibre) in fattening rabbit diet. He found the Hedysarum diet induced an average growth rate of 35g/ day and a feed conversion ratio of 3.78; on the other hand, the average growth rate was 32.02g/day ($P \leq 0.05$) and a feed conversion ratio of 4.09 ($P \leq 0.05$) for alfalfa diet. In addition, Hedysarum diet has high-energy value compared to alfalfa due probably for the high digestibility of its fibre fraction. He conclude that dehydrated *H. coronarium* up to 35% in total replacement of dehydrated alfalfa in fattening rabbit diet, obtaining better performances.

Table 3. Practical conclusions or recommendations in the use of Hedysarum species in rabbit nutrition

Reference	Practical conclusions or recommendations
Ikram et al (1987)	No antipyretic actions whatsoever were produced by Hexane and chloroform soluble extracts of the <i>H. alhagi</i> aerial parts
Cucchiara (1989)	Dehydrated <i>H. coronarium</i> up to 35% in total replacement of dehydrated alfalfa in fattening rabbit diet, obtaining better performances.
Berchiche et al (1996)	Same effect on growth, when <i>H. flexuosum</i> hay was used as a component of the rabbit rations, up to a dietary level of 50%.
Bovera et al (2008)	To estimate the fermentation characteristics of the caecum from that of faeces for some parameters (as OMd pH and propionate), the equations were accurate ($R^2 > 0.8828$) and reliable suggesting that faeces can be successfully used for the estimation of these parameters.
Kadi et al (2011)	Sundried <i>H. flexuosum</i> hay could considered good and balanced fibre source for the growing rabbit in replacement to alfalfa meal.
Kadi et al (2012)	The nutritive value of the fresh <i>H. flexuosum</i> collected at early stage of maturity is relatively high (9.2 ± 0.15 MJ DE/kg DM and 145.1 ± 1.7 g DCP/kg DM) and it could be considered as good and balanced fibre source as alfalfa and ryegrass for the growing rabbit.
Kadi et al (2017a)	<i>H. flexuosum</i> hay and common Reed leaves (<i>Phragmites australis</i>) fibre sources used in a pelleted feed was valuable for fattening rabbit.
Kadi et al (2017b)	Fig-tree leaves (<i>Ficus carica</i>) could be incorporated in pellet diet for fattening rabbits associated with <i>H. flexuosum</i> in total replacement of barley, dehydrated alfalfa and eventually soya bean meal.

To estimate the potential of traditional rabbit raising production as source of protein and financial income for small farmers, Berchiche et al (1996) compared four feeds composition, three diets home no pelleted was formulated with local products (D1 and D2 composed by horse bean and barley, D3 has 50% of *H. flexuosum* hay) and one commercial pelleted diet (D4). They found that Diets D1 and D2 induced an average growth rate of 14.8g/day and a feed conversion ratio of 3.64; on the other hand, the average growth rate was 20.9g/day for D3, not different to the commercial pelleted (D4). Feed intake was higher with D3 to D4 (81.6 vs. 72.3 g/rabbit and/day). In addition, they reported for slaughter yield at 14 weeks of age was significantly lower with D3 than with commercial pellets (67.2 vs 69.8 %, hot carcass) due to heavier skin and full digestive tract. Bovera et al (2008) analysed caecal content and faeces of 10 hybrid Hyla rabbits. Which were used as inocula for an in vitro gas production trial about, 1g of 12 roughages, 11 hays (ryegrass, alfalfa, *H. Coronarium*, oat, vetch, *H. Coronarium-lolium*, vetch-oat, *H. Coronarium*-oat, clover, ryegrass-clover, *H. Coronarium*-vetch-oat) and a wheat straw, was weighed, in triplicate per inoculum, in 120-ml flasks. 75 ml of anaerobic medium and 4 ml of reducing solution were added, and the flasks were placed at 39 C. Gas production was recorded 20 times at 2–24 h intervals throughout fermentation (120 h). They conclude, for some parameters (OMd, pH and propionate), the equations for the estimation of caecal fermentation characteristics from that of faeces were accurate and reliable suggesting that faeces can be successfully used for the estimation of these parameters.

In order to determine the feed efficiency of *Hedysarum* on growing rabbits, Kadi et al (2011) evaluated diets containing an increasing content (0, 15, 30) of hay sundried of whole plant of *H. flexuosum* (flowering stage). *H. flexuosum* contains 14.7% crude protein, 43.8% neutral detergent fibre contents and 15.07MJ/Kg DM to replace equal amounts of control diet (contains 30% dehydrated alfalfa) with 17.9% crude protein and 29.4% neutral detergent fibre contents. They reported that Sundried *H. flexuosum* hay could considered as good and balanced fibre source for the growing rabbit in replacement to alfalfa meal, without any negative effects on the weight gain, feed intake, feed efficiency and carcass weight. Kadi et al (2012) found that when rabbits were fed ad libitum a green fresh whole plant of *H. flexuosum* (Blooming stage) as a sole feed during five weeks. *H. flexuosum* at this stage dosed 22.5 % crude protein and 49% neutral detergent fibre and 17.8 MJ/Kg DM, harvested at young stage of growth, could be considered as a good and balanced protein and fibre source for the growing rabbit and comparable to other food quality forage such as alfalfa and ryegrass.

Kadi et al (2017a) tested two diets: a control diet contained barley, dehydrated alfalfa, Soya bean meal and wheat bran. The second diet was formulated to totally substitute barley and dehydrated alfalfa with *H. flexuosum* hay and common Reed leaves (*Phragmites australis*) in a pelleted feed on the growth of rabbits. Feed intake increased distinctly in the second diet group in the second period of fattening (150 vs 126). For the whole fattening period (35-77 d), growth rate was similar in the two groups (35.4 g/d) while the feed conversion was higher ($p<0.01$) in the second diet group (3.86 vs 3.23). They confirmed that using these fibre sources in a pelleted feed was valuable for fattening rabbit. Kadi et al (2017b) used three diets received ad libitum during six weeks. The control diet contains barley, dehydrated alfalfa, soya bean meal

and wheat bran. The experimental diets contained 25% of *H. flexuosum* hay and either 15% (F1) or 30% (F2) dried fig tree leaves in total replacement of dehydrated alfalfa and barley. During the whole period, feed intake was at the same level with the three diets (121.3 g/d), as well as growth (35.3 g/d) and feed conversion ratio (3.37). They conclude that fig-tree leaves could be incorporated in pellet diet for fattening rabbits associated with *H. flexuosum*, in total replacement of barley, dehydrated alfalfa and eventually soya bean.

Use of *Hedysarum* in pig nutrition

Up to now there has been very little research directly investigating on the use of plants of the *Hedysarum* genus in pig nutrition (Table 4). However Zhiliakova et al (2013) affirm that feed additives of vegetable origin – phytogenics are more and more widely applied; these diet components are used, basically, in pig breeding and poultry farming, and are intended for increasing livestock efficiency, reproduction stimulation and improvement of production consumer properties. Phytogenic plants possess antioxidant, antibacterial and immune-modulating properties (Windisch et al 2008). Their main advantage in comparison with preparations of synthetic origin is that they increase efficiency of forages consumption, stimulate digestion, reduce morbidity and, increase production profitability and they do not worsen the quality of production and do not increase the risk of resistance to pathogenic microorganisms' development in humans and animals (Zhiliakova et al 2013).

Table 4. Practical conclusions or recommendations in the use of *Hedysarum* species in pig nutrition

Reference	Practical conclusions or recommendations
Song et al (2013)	The supplementation of CHPS in the basal diet inhibits the decrease of growth performance, decreases the contents of TG, TC and MDA and activity of AKP in the serum. CHPS can effectively relieve the immune stress of weaner piglets challenged with LPS
Zhilyakova et al (2013)	They showed that the preparations increase the live weight of piglets by 10–20% and, against the background of an outbreak of gastrointestinal infections, increase the safety by 30–34%

Zhilyakova et al 2013, In experiments on a commodity farm, the influence of plants preparations (infusions) on indicators of incidence, safety and additional weights of piglets of the first month of life were studied. Two experiments were made during the winter period against the outbreak of gastrointestinal infections, two – during the late spring period on a quiet infectious background. The efficiency of preparations was more expressed during the winter period on a complicated infectious background; in comparison with control, the rate of piglets survival from gastrointestinal and lung infections increased by 30–34%, the weight gain increased in 1.5–2.7 times. In the absence of a high level of infectious diseases, the application of herbal infusion promotes an increase in live weight of pigs by 10%. Thus, application of these preparations is more expedient under conditions of the complicated infectious background. Zinner et al (2013) tested the aerial part of valuable medicinal plants of *H. alpinum* L.) and high elecampane (*Inula helenium* L.) which contains an extensive complex of biologically active substances with antiviral, bacteriostatic, immune-modulatory and anti-

inflammatory activity. They studied the effect of preparations - plant infusions on the safety and weight gain of milk pigs against the background of an outbreak of gastrointestinal infections and in the absence of increased morbidity was studied. They showed that the preparations increase the live weight of piglets by 10–20% and, against the background of an outbreak of gastrointestinal infections, increase the safety by 30–34%

Song et al (2013) evaluated the effects of crude hedysari (*H. polybotrys*) polysaccharide (CHPS), challenged with lipopolysaccharide (LPS), for thirty-two healthy weaned piglets. They were fed with basal diet (control group), with addition LPS (LPS group), LPS and 200 mg/kg CHPS (CHPS low-dose group), and LPS+800 mg/kg CHPS (CHPS high-dose group), respectively. Piglets in the LPS group and CHPS groups were injected intra-peritoneally with 100 µg/kg BW LPS on day 21, while the piglets in the control group were injected with normal saline at the same dose. They analysed serum biochemical parameters at 3 h post-injection. The experiment lasted for 28 days. They showed compared with the control group, LPS challenge (22 to 28 d) significantly decreased average daily gain (ADG) and average daily feed intake (ADFI) in LPS group. And significantly increased the activities of serum alkaline phosphatase (AKP), glutamic-pyruvic transaminase (GPT), the contents of triglyceride (TG), total cholesterol (TC), urea nitrogen (UN) and malondialdehyde (MDA) in LPS group, and significantly decreased nitric-oxide synthase (NOS) activity. Compared with the LPS group, ADG and ADFI in CHPS groups were significantly increased; the contents of serum TG, TC and MDA in CHPS low-dose group were significantly decreased, than the activity of AKP in CHPS high-dose group. They indicate that the supplementation of CHPS in the basal diet inhibits the decrease of growth performance, decreases the contents of TG, TC and MDA and activity of AKP in the serum. CHPS can effectively relieve the immune stress of weaner piglets challenged with LPS.

Use of *Hedysarum* in poultry nutrition

In reviewing the literature, less data were found on the use of *Hedysarum* species in poultry nutrition due to tannins, which have traditionally been regarded as “anti-nutritional factor” for monogastric animals and poultry. But recent researches (Nitzan et al 2002; Wang et al 2011; Zhong et al 2011; Yanli et al 2012; Yanli and Rong 2013 ; Kislenco and Cheryomushkina 2014 ; Mahanta et al 2017) have revealed, when are applied in appropriate manner, improved of intestinal microbial ecosystem and health and hence increased productive performance. The applicability of plant tannins as an alternative to in-feed antibiotics depends on many factors that contribute to the great variability in their observed efficacies (Huang et al 2018).

Mahanta et al (2017) evaluated the effect of a Commercial Herbal Growth Promoter (CHGP) with a combination of selective nine numbers of herbs (*Hemidesmus indicus*, *Borassus fiabellifer*, *H. gangeticum*, *Mimusops hexandra*, *Abutilon indicum*, *Pueraria tuberosa*, *Tacca aspera*, *Argyreia speciosa* sweet and *Stereospermum suaveolenson*) on the performance of broiler chicken. A total of 120 day-old commercial broiler chicks having similar body weight from a single hatch were procured and chicks were randomly distributed into four groups (T0,T1,T2 and T3), and were fed basal diet (control group; T0) with addition of 1%, 2% and

3% CHGP powder respectively, comprising 30 chicks in each groups. They managed all the birds under uniform managemental condition. They found a final body weight significantly highest in T2 (2059.83 g) followed by T3 (1956.67 g), T0 (1845.33 g) and T1 (1825.17 g). In respect of overall Feed Conversion Ratios (FCR), T2 group showed significantly best FCR value of 1.69 followed by T3 (1.77), T0 (1.85) and T1 (1.87). They conclude that there was increased body weight, improved FCR, cent per cent livability and increased gross profit per broiler in birds offered 2% CHGP powder as herbal growth promoter.

Table 5. Practical conclusions or recommendations in the use of Hedysarum species in poultry nutrition

Reference	Practical conclusions or recommendations
Mahanta et al (2017)	<i>H. gangeticum</i> used with eight selective herbs increased body weight improved FCR, higher BPEI, cent per cent livability and increased gross profit per broiler in birds offered 2% of the plants mix
Nitzan et al (2002)	The young ostriches, grazing lush green <i>Medicago sativa</i> , <i>Hordeum vulgare</i> or <i>H. coronarium</i> pasture may reduce concentrate intake by proportionately 0.4, without altering growth performance or carcass yield and quality.
Yanli et al (2012)	Supplementation with compound of Radix Hedysari (<i>H. polybotrys</i>) and Radix Codonopsis to fed diets could improve the antioxidant capacity and cellular immune function of broilers.
Yanli and Rong (2013)	Aqueous extract of Radix Hedysari (<i>H. polybotrys</i>) supplementation to the diet could improve the balance of oxidant-antioxidant status and the cell-mediated immunity of broilers.
Wang et al (2011)	Addition of four levels of <i>H. polybotrys</i> extracts significantly increased the apparent retention of dry matter, energy, crude protein, calcium and phosphorus and the optimum addition level was 0.8%. Carcass traits and other parameters were not affected by treatment
Zhong et al (2011)	Basal diet supplemented with Radix hedysari (<i>H. polybotrys</i>) increased significantly the apparent retention of dry matter, crude protein, calcium and phosphorus and the percentage of abnormal fat of broilers. Supplementation of 5 mg/kg flavomycin increased the average daily weight gain of broilers during 1~3 weeks.
Kislenko and Cheryomushkina (2014)	The use of medicinal plants (<i>Monarda fistulosa</i> L., <i>Salsola collina</i> Pall., <i>Allium senescens</i> L., <i>A. ramosum</i> L., <i>H. alpinum</i> L., <i>Nepeta sibirica</i> L., <i>Plantago major</i> L.) in poultry farming allows not only reducing the quantity of anti-microbic food for the chicken, but also decreasing significantly unfavorable loads on biocenosis and has a beneficial effect on ecological safety of the food.

Wang et al (2011) used 360 Arbor Acre broilers to investigate the effect of *H. polybotrys* extracts on growth performance, metabolism and carcass traits of broilers. A completely randomized design was used; the six treatments were basal diet and basal diet with addition of 5 mg/kg flavomycin, 0.1%, 0.2%, 0.4% and 0.8% extracts respectively. The experiment lasted from 0 to 42 d post hatching. Feed and water were available during the experiment. Addition of four levels of extracts significantly increased the apparent retention of dry matter, energy, crude protein, calcium and phosphorus and the optimum addition level was 0.8%. Extract at 0.1% decreased the average daily feed intake during 4~6 weeks and 0~6 weeks. Carcass traits and other parameters were not affected by treatment. Zhong et al (2011) examined three

hundreds 0-day-old Arbor Acre broilers to investigate the effects of supplement with Radix hedysari (*H. polybotrys*) at different levels of basal diet on growth performance, metabolism and carcass traits of broilers. Five diets for broilers, were basal diet and basal diet supplemented with 5 mg/kg flavomycin, 0.5 %, 1% and 2 % Radix hedysari respectively. The results showed that basal diet supplemented with Radix hedysari significantly increased the apparent retention of dry matter, crude protein, calcium and phosphorus and the percentage of abnormal fat of broilers. Supplementation of 5 mg/kg flavomycin increased the average daily weight gain of broilers during 1~3 weeks. There were no significant effects of Radix hedysari on growth performance and other carcass traits of broilers. Yanli et al (2012) studied the effects of Radix Hedysari (*H. polybotrys*) and Radix Codonopsis compound on the antioxidant capacity and immune function in 180 1-day-old male Arbor Acres broilers and were fed three dietary treatments. The control group (basal diet), group I (basal diet and 5 mg/kg flavomycin), and group II (basal diet and 1 % Radix hedysari and Radix codonopsis compound; RHRCC). They showed that the activity of superoxide dismutase in plasma and organs at 21 d and plasma, heart at 42 d of group II were significantly improved; except for kidney at 42 d, the activity of glutathione peroxidase of plasma and organs at 21 d and 42 d increased significantly. The α -naphthylacetate esterase positive percentage of broilers at 21 d and 42 d of RHRCC group was significantly higher than that of the control group. They conclude that the Chinese herb compound supplementation to diets could improve the antioxidant capacity and cellular immune function of broilers.

On 2013, Yanli and Rong investigated the effect of aqueous extract of Radix Hedysari (*H. polybotrys*) on antioxidant status and immunological status of broilers. Three hundred 1 day old male Arbor Acres broilers were fed with five treatments; control group (basal diet) and basal diet with addition of 5 mg/ kg flavomycin or 0.2%, 0.4% and 0.8% aqueous extract of Radix Hedysari, respectively. The experiment lasted 42 d. They showed compared with control group, 0.8% aqueous extract of Radix Hedysari supplementation could improve the superoxide dismutase activity in kidney at 21 d and heart at 42 d, glutathione peroxidase in plasma of all adding groups significantly increased. The malonic dialdehyde content of in plasma, kidney at 21 d and in plasma, heart, liver, kidney at 42 d of 0.8% adding group significantly decreased. The α -naphthyl acetate esterase positive percentage and thymus weight at 42 d significantly increased. They suggested, that aqueous extract of Radix Hedysari supplementation to the diet could improve the balance of oxidant-antioxidant status and the cell-mediated immunity of broilers. Nitzan et al (2002) used an alternative for fattening ostriches aged 10 to 30 weeks, which combined pasture with concentrate feeding in three diets; C40 (concentrate: 40g/kg body mass), CG20 and CG30 (concentrate at 20 and 30 g/ kg body mass respectively, and grazed 4 to 6 h/day on lush green alfalfa, sown barley, natural pasture or *H. coronarium*). During the last 10 weeks of experiment, groups CG20 and CG30 were merged into one group, managed as CG20 and grazed natural pasture, *H. coronarium*, alfalfa, or vetch. They found ostriches from group CG20 and CG30 consumed 390g and 260 g DM per day at pasture, 0.46 and 0.28 of their total daily intake, respectively. They showed the ostriches' preference for forbs rather than grasses in the natural pasture. The mean organic matter digestibility was 0.84, ostriches gained at 347 g/day, and the food conversion ratio was 3.05, with no effect of group. In addition,

grazing did not affect the dressing rate (0.47) or the size and mass of the different parts of the gastro-intestinal tract, with the exception of the glandular and muscular stomachs, which were proportionately 0.4 heavier in grazing birds. Lower fat content (33.8 v. 26.5g/kg) but not tenderness, of a selected muscle (fibularis longus) was found for grazing birds. They conclude for young ostriches, grazing lush green pasture may reduce concentrate intake by proportionately 0.4, without altering growth performance or carcass yield and quality.

Kislenko and Cheryomushkina (2014) studied the influence of medicinal plants on microbiocenosis of broiler chickens. They combined the action of medicinal plants (*Monarda fistulosa* L., *Salsola collina* Pall., *Allium senescens* L., *A. ramosum* L., *H. alpinum* L., *Nepeta sibirica* L., *Plantago major* L.) on pathogenic intestinal microflora, morphology and biochemical indices of blood of broiler chickens, their growth and preservation of their number. They showed that feeding broilers with medicinal plants decreases the number of microorganisms in the intestine and normalizes microbiocenosis of the broiler chicken. They suggested that this method is reliable in increasing hemoglobin, erythrocytes and protein contents in blood, as well as better performance of indices are noted in the experimental group. The use of medicinal plants in poultry farming allows not only reducing the quantity of anti-microbial food for the chicken, but also decreasing significantly unfavorable loads on biocenosis and has a beneficial effect on ecological safety of the food.

Use of the plants of the *Hedysarum* genus in beekeeping

Plants belonging to the genus *Hedysarum* foraged by several bee species around the world (Table 6.), with inflorescences rich in pollen and nectar producing high quality honey (Diaz-Losada et al 1998; Satta et al 2000; Oddo et al 2004; Jerković et al 2010; Ozturk et al 2013; Parri et al 2020). The concentration of polyphenols and flavonoids, the profile of volatile compounds and the presence of different concentration of some mineral elements allow discriminating different varieties of honey, and could be used as markers of product traceability (Colucci et al 2016).

Tepedino and Stackhouse (1987) showed that 37 native bee species most of which had long mouthparts visiting and pollinating a population of *H. alpinum* in Grand Teton National Park. They found that most species collected pollen as well as nectar most heavily in early afternoon when pollen was most abundant. While McGuire (1993) studied the pollination ecology of *H. boreale* and *H. alpinum* near Fairbanks, Alaska, these two species bloom nearly synchronously, have similar floral morphology and color, and require pollination by insects to set seed. Seed set of *H. boreale* was positively related to visitation rates by female *Megachile gilliae*, which has no preference between the two *Hedysarum* species. However, worker *Bombus flavifrons* is the most abundant visitor to *H. alpinum*. The exhibition of strong floral constancy by visitors to the two *Hedysarum* species suggests that interspecific pollination may not be strong enough to cause divergence in blooming times. They found no evidence that the presence of one *Hedysarum* species enhances visitation to the other species. Instead, because visitation by worker *B. flavifrons* to *H. alpinum* was reduced on sympatric plots, *H. alpinum* may have to

tolerate overlap with *H. boreale* to take advantage of worker *B. flavifrons* activity. They suggested the two *Hedysarum* species may simply bloom when their best pollinators are most active. Pan et al (2012) observed insect visitation in the desert plant *H. scoparium*, over two flowering seasons and estimated pollen limitation using fruit set and seed production. They indicated that fruit set and seed production increased significantly with pollen supplementation compared with open pollination. *H. scoparium* was pollinated by over eight species of bees, with 88.4% of visits made by introduced honeybees (*Apis mellifera*). Bee visitation varied significantly among the patches of habitats, but not associated with patch size of habitat. The patches that received higher rates of pollinator visits were less pollen limited for fruit set. Pollen limitation for seed production, however, was not associated with pollinator visitation frequency. They conclude that pollen limitation in *H. scoparium* was caused by more than one reason, not just pollinator visits.

Table 6. Practical conclusions or recommendations in the use of *Hedysarum* species in Beekeeping

Reference	Practical conclusions or recommendations
Tepedino and Stackhouse (1987)	37 native bee species collected pollen as well as nectar and pollinating <i>H. alpinum</i> most heavily in early afternoon when pollen was most abundant.
McGuire (1993)	<i>H. boreale</i> and <i>H. alpinum</i> may simply bloom when their best pollinators are most active.
Persano Oddo et al 1995	Honeys have botanical origins and a reference framework for the diagnosis of unifloral honeys was created.
Persano Oddo et al 1999	Invertase activity varies considerably in the different honey types.
Jerković et al (2010)	56 volatiles and semi-volatiles compounds identified in <i>H. coronarium</i> honey and quite distinctive relative to the other honeys.
Ouchemoukh et al (2010)	Sugar profiles are determined for fifty honey samples (25 multifloral and 25 unifloral including that of <i>H. coronarium</i>) from different regions of Algeria.
Pan et al 2012	Pollen limitation in <i>H. scoparium</i> was caused by more than one reason, not just pollinator visits
Zerrouk et al 2013	76 pollen types from 35 families, with Fabaceae, Cistaceae, Asteraceae, and Myrtaceae being the most frequent in <i>H. coronarium</i> honey of Medea region (Algeria).
Gambacorta et al 2014	Phenolic acids identified in analysed <i>H. coronarium</i> honey of Southern Italy were gallic, caffeic and ferulic acids. The honey parameters are greatly affected by the particularities of their production area.
Montero-Castano et al (2014)	Integration of a non-native <i>H. coronarium</i> in a resident pollinator network does not prevent pollen limitation in the introduced area and pollination mutualistic relationships might not be the key for non-native plant establishment success in the introduced area.
Mannina et al 2015	There was a risk of extinction of the Sicilian native breed of black honeybee; <i>Apis mellifera</i> L. ssp <i>sicula</i> , which produced only, the Sicilian honey: <i>H. coronarium</i> L. honey and <i>Anethum graveolens</i> L. honey.
Colucci et al 2016	The different concentration of polyphenols and flavonoids, the profile of volatile compounds and the presence of different concentration of some mineral elements allow discriminating different varieties of honey, and could be used as markers of product traceability.
Montero-Castano and Vilà (2016)	Pollinators show a plastic use of floral resources, responding to the presence of non-native plants, when the non-native attracts highly competitive pollinators such as the honeybee.
Parri et al 2020	The spectral analysis based on the decomposition of the front-face fluorescence spectra in terms of single main fluorophores' components proposed to identify several minor compounds, such as amino acids, phenolic acids, vitamins, and other fluorescent bioactive molecules.

In 2014, Montero-Castano et al, compared the identity, abundance and visitation rates of pollinators, insect pollen loads, pollen deposition on stigmas, and fruit and seed sets of *H. coronarium*, in populations from native and introduced ranges in Spain (South of mainland Spain and Menorca Island, respectively). In both areas, a similar number of species, mainly hymenopterans visited *Hedysarum*; seven species were common between native and introduced areas. However, pollinator richness, abundance, and visits per flower were greater in the native than in the introduced range, as were fruit and seed sets. *Hedysarum* pollen loads on stigmas and on *Apis mellifera* did not differ between areas. Lower abundance of pollinators might be causing lower visitation rates, and to some extent, reducing *H. coronarium* fruit and seed sets in the introduced area. They showed that integration of a non-native plant in a resident pollinator network does not prevent pollen limitation in the introduced area and pollination mutualistic relationships might not be the key for non-native plant establishment success in the introduced area. Then in (2016), Montero-Castano and Vilà explained that pollinators show a plastic use of floral resources, responding to the presence of non-native plants (*H. coronarium*). When the non-native attracts highly competitive pollinators such as the honeybee, plasticity is especially significant in pollinators that are functionally close to that competitive pollinator. They remarked an interaction rewiring, probably due to pollinators avoiding competition with the honeybee. Though this plasticity might not quantitatively affect the pollination of plants, consequences on their reproduction and the functioning of the network can derive from the interaction rewiring. Mannina et al (2015) showed the risk of extinction of the Sicilian native breed of black honeybee (*Apis mellifera* L. ssp *sicula*) which produced only the Sicilian honey; *H. coronarium* L. honey and *Anethum graveolens* L. honey. They analysed the chemical composition of *A. mellifera* ssp. *sicula* honeys, with a multi methodological approach, which consists of HPLC-PDA-ESI-MSn and NMR spectroscopy. Moreover, three unifloral honeys (*lemon honey* (obtained from *Citrus limon* (L.) Osbeck), *orange honey* (*Citrus arantium* L.), and *medlar honey* (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl)), with known phenol and polyphenol compositions, were studied with NMR spectroscopy to deepen the knowledge about sugar and amino acid compositions.

Persano Oddo et al (1995) characterized 14 types of Italian unifloral honeys on the basis of the organoleptic, microscopic and physicochemical properties. They examined and found botanical origins of the honeys; *Arbutus unedo* L, *Castanea sativa* Mill, *Citrus* spp, *Erica arborea* L, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *H. coronarium* L, *Helianthus annuus* L, *Rhododendron* spp, *Robinia pseudoacacia* L, *Taraxacum officinale* Web, *Thymus capitatus* Hofmgg et LK, *Tilia* spp, honeydew honey from *Abies* and honey from *Metcalfa pruinosa* honeydew. They created a reference framework for the diagnosis of unifloral honeys. Persano Oddo et al (1999) determined the variability invertase activity and established the range characteristic for 499 honeys (27 multifloral and 472 unifloral from *Arbutus*, *Carduus*, *Castanea*, *Citrus*, *Erica*, *Eucalyptus*, *Hedysarum*, *Helianthus*, *Rhododendron*, *Robinia*, *Rosmarinus*, *Taraxacum*, *Thymus*, *Tilia*, fir honeydew and honeydew produced by *Metcalfa pruinosa*). They showed that invertase activity varies considerably in the different honey types. Jerković et al (2010) analysed unifloral samples of *H. coronarium* L. honey from Sardinia (Italy) to investigate the chemical composition of the honey volatiles. They identified 56 compounds volatiles and semi-volatiles and conclude that *H. coronarium* honey is quite distinctive relative to the other honeys

that studied, but no specific markers of the honey botanical origin were found. Ouchemoukh et al (2010) analysed by HPLC with pulsed amperometric detection sugar profiles of fifty honey samples (25 multifloral and 25 unifloral including that of *H. coronarium*) honeys from different regions of Algeria. They quantified eleven sugars (two monosaccharides, nine oligosaccharides). They found mean values of fructose and glucose in the range 35.99–42.57% and 24.63–35.06%, respectively. The sucrose, maltose, isomaltose, turanose and erlose are present nearly in all the samples, while raffinose and melezitose are detected in few samples. Furthermore, trehalose is present only in two samples and none of the samples contains melibiose. Low amounts of melezitose, raffinose and erlose are present in the range of 0.03–2.14%, 0.03–0.35% and 0.01–2.35%, respectively.

Zerrouk et al (2013) evaluated, by determining the pollen spectrum and physicochemical attributes, the qualities of *H. coronarium* honey samples of Medea region (Algeria). They analysed the samples for microscopic and physicochemical properties. They found 76 pollen types from 35 families, with Fabaceae, Cistaceae, Asteraceae, and Myrtaceae being the most frequent. The overall pollen content can be considered as medium. All the samples presented low values of hydroxyl-methyl-furfural and lactone acidity. The degree of colour varied from white to amber. Moisture, proteins content, fructose, glucose, sucrose and electrical conductivity were according to international standards.

Gambacorta et al (2014) examined twenty-four *H. coronarium* honeys from eight different geographical areas of Southern Italy for total phenolic content, antioxidant activity, colour intensity, and identification and quantification of phenolic acids. They found total phenolic content ranged from 47.9 to 248.3 mg per kg honey. The antioxidant activity ranged from 47.06% to 88.25. Major phenolic acids identified in analysed samples were gallic, caffeic and ferulic acids. They conclude the *H. coronarium* honey parameters studied are greatly affected by the particularities of their production area.

Colucci et al (2016) analysed three varieties of unifloral honey (*Robinia pseudoacacia*, *Castanea sativa* and *H. coronarium*), in order to assess physicochemical and biochemical parameters, nutraceutical properties and antioxidant capacities. The three different varieties of unifloral honey showed clear differences in some parameters, such as the concentration of polyphenols, flavonoids, mineral elements, as well as different profiles of volatile molecules. These parameters allow differentiating the three varieties of unifloral honey investigated. The different concentration of polyphenols and flavonoids, the profile of volatile compounds and the presence of different concentration of some mineral elements allow discriminating different varieties of honey, and could be used as markers of product traceability.

Parri et al (2020) analysed twelve different botanic origins honeys (*Inula viscosa* (L.) Aiton, *Paliurus spina-christi* Mill., *Lavandula* L. 1753), *H. coronarium* L., *Arbutus unedo* L., 1753 and *Medicago sativa* L. plants produced in Tuscany (Italy) based on the ‘semi-quantitative’ analysis of emission, excitation, and synchronous front-face fluorescence spectra. The spectral analysis based on the decomposition of the front-face fluorescence spectra in terms of single main fluorophores’ components proposed to identify several minor compounds, such as amino acids, phenolic acids, vitamins, and other fluorescent bioactive molecules.

Conclusions

This review describes the different uses of *Hedysarum* in animal nutrition as an alternative protein, energy and fibre source and as a bioactive component source.

Hedysarum is mainly used as fodder to feed ruminants and rabbits, while the effects of anti-nutritional factors limit its uses for poultry and pigs.

The most studied species of the genus *Hedysarum* worldwide is *H. coronarium* with about 90% of the publications.

Among the beneficial health properties that can be obtained, Hedysarum showed interesting anti-parasitic properties.

References

- Abdelguerfi-Berrekia R, Abdelguerfi A, Bounaga N et Guittonneau G G 1991** Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum* selon certains facteurs du milieu en Algérie. *Fourrages*, 126 : 187-207.
- Akpınar N and Yildiz 199** Nuclear DNA contents of some endemic Hedysarum L. species. *Turkish Journal of Botany*, 23(4), 229-232.
- Al-Snafi A E 2015** Encyclopedia of the constituents and pharmacological effects of Iraqi medicinal plants. Rigi Publication.
- Amato G, Giambalvo D, Frenda A S, Mazza F, Ruisi P, Saia S and Di Miceli G 2016** Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) as potential feedstock for biofuel and protein. *BioEnergy Research*, 9(3), 711-719.
- Amirahmadi A, Kazempour O S and Larti M 2013** A new interesting record of hedysarum l. (*hedysareae fabaceae*) from Northwest of Iran.
- Andrée A, Leboeuf A, Lemieux Ch et Landry S 2015** L'utilisation des tanins dans l'alimentation des ovins pour prévenir le parasitisme. *Revue de littérature*, Québec. [blob:https://www.agrireseau.net/1faaff5e-5d94-456c-adbf-50fc1b75a38b](https://www.agrireseau.net/1faaff5e-5d94-456c-adbf-50fc1b75a38b)
- Annicchiarico P, Abdelguerfi A, Younes M B, Bouzerzour H, Carroni A M, Pecetti L and Tibaoui G 2008** Adaptation of Sulla cultivars to contrasting Mediterranean environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59(8), 702-706.
- Arab H, Haddi M L and Mehennaoui S 2009** Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones aride et semi-aride en Algérie. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 50-58.
- Arslan E and Ertuğrul K 2010** Genetic relationships of the genera *Onobrychis*, *Hedysarum*, and *Sartoria* using seed storage proteins. *Turkish Journal of Biology*, 34(1), 67-73.
- Arzani H, Yari R, Ghasemi Aryan Y and Khatir Nameni J 2013** Forage quality of important range species in Pashaylogh-e-Maravetapeh rangeland ecosystem in Golestan province. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 1(1), 87-103.
- Aufrère J, Theodoridou A, and Baumont R 2013** Valeur agronomique et alimentaire du Sainfoin. *Fourrages*, (213), 63-75.
- Barker B, Barker, R M, Jessop J P and Vonow H P 2005** Census of South Australian vascular plants.
- Başköse İ, Yaprak A E and Akyildirim B 2018** Hedysarum ketenoglui (*Fabaceae-Hedysareae*), a new species from southern Turkey. *Phytotaxa*, 357(4), 291-297.

- Berchiche M, Lebas F and Lakabi D 1996** Utilization of home diets. Effects on growth performance and slaughter yield of Algerian local rabbits 6th World Rabbit Congress, 1996 September, Toulouse, France, 309 -313.
- Bonanno A, Di Grigoli A, Mazza F, De Pasquale C, Giosuè C, Vitale F and Alabiso M 2016** Effects of ewes grazing Sulla or ryegrass pasture for different daily durations on forage intake, milk production and fatty acid composition of cheese *Animal* , 10:12, pp 2074–2082.
- Bonanno A, Di Grigoli A, Stringi L, Di Miceli G, Giambalvo D, Tornambè G, Vargetto D and Alicata M L 2007** Intake and milk production of goats grazing Sulla forage under different stocking rates *ITAL.J.ANIM.SCI. VOL. 6 (SUPPL. 1)*, 605-607.
- Bonanno A, Miceli G, Di Grigoli A, Di Frenda A S, Tornambe G, Giambalvo D and Amato G 2011** Effects of feeding green forage of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) on lamb growth and carcass and meat quality. *Animal*, 5(1) : 148–154. https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/49F364E8AA0C98A9E7AC45695DDD8C27/S1751731110001576a.pdf/effects_of_feeding_green_forage_of_sulla_hedysarum_coronarium_l_on_lamb_growth_and_carcass_and_meat_quality.pdf
- Borreani G, Roggero PP, Sulas L and Valente ME 2003** Quantifying Morphological Stages to Predict the Nutritive Value in Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). *Agronomy Journal*, 95(6): 1608-1617. https://www.researchgate.net/publication/33681006_Quantifying_Morphological_Stage_to_Predict_the_Nutritive_Value_in_Sulla_Hedysarum_coronarium_L
- Boussaid M, Ben Fadhel N, Zaouali Y, Ben Salah A, Abdelkefi A and Ferchichi A 2004** Plantes pastorales en milieux arides de l'Afrique du Nord. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62, 55-59.
- Bovera F, Calabrò S, Cutrignelli M I, Infascelli F, Piccolo G, Nizza S, Tudisco R and Nizza A 2008** Prediction of rabbit caecal fermentation characteristics from faeces by in vitro gas production technique: roughages. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 92(3), 260-271.
- Burlando B, Pastorino G, Salis A, Damonte G, Clericuzio M and Cornara L 2017** The bioactivity of *Hedysarum coronarium* extracts on skin enzymes and cells correlates with phenolic content, *Pharmaceutical Biology*, 55:1, 1984-1991.
- Cabiddu A, Molle G, Decandia M, Spada S, Fiori M, Piredda G and Addis M 2009** Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium* L.) grazed by dairy sheep: Part 2: Effects on milk fatty acid profile. *Livestock Science*, 123(2-3), 230-240.
- Chaker-Houd K, Mebirouk-Boudechiche L, Maatallah S and El-Hamza T 2017** Nutritional value of Sulla coronaria L. sampled from natural populations in northeastern Algeria. *Fourrages*, (232), 347-352.
- Chaves A V, Woodward S L, Waghorn G C, Brookes I M and Burke J L 2006** Effects on Performance of Sulla and/or Maize Silages Supplements for Grazing Dairy Cow. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 19(9), 1271-1282.
- Choi B H and Ohashi H 2003** Generic criteria and an infrageneric system for *Hedysarum* and related genera (Papilionoideae-Leguminosae). *Taxon*, 52: 567–576.
- Cucchiara R 1989** Sulla in the nutrition of meat rabbits. *Rivista di Coniglicoltura*, 26: 39-42.
- Dantchenko A V 1995** Notes on the biology of *Polyommatus (Agrodiaetus) damocles rossicus* Dantchenko & Lukhtanov, 1993 (Lepidoptera, Lycaenidae). *Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo*, 16(2/3), 141-146.
- De Koning C and Humphries A 2010** Performance of sheep grazing Sulla (*Hedysarum coronarium*) based pastures in southern Australia. In" *Food Security from Sustainable Agriculture*", Proceedings of the 15th Australian Agronomy Conference, 15-18 November 2010, Lincoln, New Zealand. Australian Society of Agronomy Inc.
- Delaby L, Pavie J, McCarthy B, Comeron E A, et Peyraud J L** Les légumineuses fourragères, indispensables à l'élevage de demain. *Fourrages*, 2016, 226, 77-86.

- Dentinho MTP, Bessa R J B, Belo C A C and Ribeiro J M R 2006** Effect of preservation method on the nutritive value of Sulla (*Hedysarum coronarium*). Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation, Badajoz, Spain, 3–6 April, 2006, pp.252–254.
- Dewhurst R J, Shingfield K J, Lee M R and Scollan N D 2006** Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3-4), 168-206.
- Diaz-Losada E, Ricciardelli-D'Albore G and Saa-Otero M P 1998** The possible use of honeybee pollen loads in characterising vegetation. *Grana*, 37(3), 155-163.
- Diederichsen A, Rozhkov R V, Korzhenevsky V V and Boguslavsky R L 2012** Collecting genetic resources of crop wild relatives in Crimea, Ukraine, in 2009. *Crop wild relative* (8), 34-38.
- Di Grigoli A, Todaro M, Di Miceli G, Genna V, Tornambè G, Alicata M L, Giambalvo D and Bonanno A 2012** Effects of continuous and rotational grazing of different forage species on ewe milk production. *Small Ruminant Research*, 106, S29-S36.
- Di Trana A, Bonanno A, Cecchini S, Giorgio D, Di Grigoli A and Claps S 2015** Effects of Sulla forage (*Sulla coronarium* L.) on the oxidative status and milk polyphenol content in goats. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 37-46.
- Dong Y, Tang D, Zhang N, Li Y, Zhang C, Li L and Li M 2013** Phytochemicals and biological studies of plants in genus *Hedysarum*. *Chemistry Central Journal*, 7(1), 124. <http://journal.chemistrycentral.com/content/7/1/124>
- Douglas G B, Keogh R G and Foote A G 1998** Development of Sulla (*Hedysarum coronarium*) for better adaptation to grazing. In *Proceedings Of The Conference-New Zealand Grassland Association* (pp. 173-180).
- Douglas G B, Stienezen M, Waghorn G C, Foote A G and Purchas R W 1999** Effect of condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and sulla (*Hedysarum coronarium*) on body weight, carcass fat depth, and wool growth of lambs in New Zealand. *New Zealand journal of agricultural research*, 42(1), 55-64.
- Duan L, Wen J, Yang X, Liu P L, Arslan E, Ertuğrul K and Chang Z Y 2015** Phylogeny of *Hedysarum* and tribe *Hedysareae* (Leguminosae: Papilionoideae) inferred from sequence data of ITS, matK, trnL-F and psbA-trnH. *Taxon*, 64(1), 49-64.
- El Yemlahi A, Arakrak A, Laglaoui A, Ayadi M and Bakkali M 2019** Nutritional evaluation of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) ecotypes grown in Northwest region of Morocco. *Moroccan Journal of Biology* (16), 19-29.
- Farruggia A, Martin B, Baumont R, Prache S, Doreau M, Hoste H et Durand D 2008** Quels intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux ? INRA. *Prod. anim.*, 21:181-200. https://www6.inra.fr/productions-animales/content/download/3324/33771/version/1/file/Prod_Anim_2008_21_2_04.pdf
- Flores F, Gutierrez J C, Lopez J, Moreno M T and Cubero J I 1997** Multivariate analysis approach to evaluate a germplasm collection of *Hedysarum coronarium* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 44(6), 545-555.
- Fortuna-Perez A P and de Azevedo Tozzi A M G 2011** Nomenclatural changes for *Zornia* (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae) in Brazil. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 21(3), 331-337.
- Gambacorta E, Simonetti A, Garrisi N, Intaglietta I and Perna A 2014** Antioxidant properties and phenolic content of sulla (*Hedysarum* spp.) honeys from Southern Italy. *International journal of food science & technology*, 49(10), 2260-2268.
- Gaspari F, Cinti F and Piccaglia R 2004** Suitability to ensiling of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) cultivated in North Italy. In *Land use systems in grassland dominated regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation*, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004, pp. 969-971.
- Gilli A 1966** Beiträge zur Flora Afghanistans V. *Feddes Repertorium*, 72 (2-3), 49-68.

- Goumiri R and Abdelguerfi A 1989** Contribution à l'étude des espèces spontanées de la tribu Hédysarées en Algérie : Analyses chimiques du fourrage au stade végétatif. *Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach*, 13(2), 558-567.
- Guarrera P M and Savo V 2013** Perceived health properties of wild and cultivated food plants in local and popular traditions of Italy: a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 146(3), 659-680.
- Gürsoy E and Macit M 2017** Erzurum İli meralarında doğal olarak yetişen farklı baklagil yem bitkilerinin nispi yem değerlerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(3), 407.
- Heydari M, Pothier D, Faramarzi M and Merzaei 2014** Short-term abandonment of human disturbances in Zagros Oak forest ecosystems: Effects on secondary succession of soil seed bank and aboveground vegetation. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 15(2).
- Heuzé V, Tran G and Lebas F 2016** Sulla (*Hedysarum coronarium*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/292> last updated on October 27, 2016, 17:12
- Hoskin S O, Barry T N, Wilson P R, Charleston W A G and Kemp P D 1999** Growth and carcass production of young farmed deer grazing sulla (*Hedysarum coronarium*), chicory (*Cichorium intybus*), or perennial ryegrass (*Lolium perenne*)/white clover (*Trifolium repens*) pasture in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 42(1), 83-92.
- Hoste H, Brunet S, Paolini V, Bahuaud D, Chauveau S, Fouraste I and Lefrileux Y 2009** Compared in vitro anthelmintic effects of eight tannin-rich plants browsed by goats in the southern part of France. *Options Méditerranéennes*, A / no. 85. 431-436. <http://gerdaal.ifrance.com/geraal/Oflive/ressourcesfourrages/bilanfourrager200>
- Hoste H, Torres Acosta F, Sotiraki S, Houzangbe Adote S, Kabore A, Costa Jr L, Louvandini H, Gaudin E et Mueller Harvey I 2018** Des plantes contenant des tannins condensés : un modèle d'alimentation pour gérer les vers parasites en élevages des petits ruminants. *Innov. Agrono.*, 66 :19-29. <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/6434/47664/file/Vol66-3-Hoste%20et%20al.pdf>
- Huang Q, Liu X, Zhao G, Hu T and Wang Y 2018** Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 137-150.
- Imachuyeva D R and Serebryanaya F K 2016** The current state of study of plants of *Hedysarum* l. fl. of the caucasus. *УДК 582. 736: 581.4(479)*. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-izuchennosti-rasteniy-roda-kopechnik-hedysarum-l-flory-kavkaza/pdf>
- Issolah R and Beloued A 2005** The fodder legumes in Algeria: distribution, endemism and utilization. *In: Proceedings of the International Conference on "Promoting community-driven conservation and sustainable use of dryland agro biodiversity"*, ICARDA, Aleppo, Syria, 18-21 April 2005. Amri A and Damania A (Eds.), 71-76. https://apps.icarda.org/wsInternet/wsInternet.aspx/DownloadFileToLocal?filePath=Proceedings/Proceedings_of_Promoting.pdf&fileName=Proceedings_of_Promoting.pdf
- Jennings J and Foster J 2020** Legumes structure and morphology. *Forages : The science of grassland agriculture*, 2, 50-64.
- Jerković I, Tuberso C I, Gugić M and Bubalo D 2010** Composition of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) honey solvent extractives determined by GC/MS: norisoprenoids and other volatile organic compounds. *Molecules*, 15(9), 6375-6385.
- Julien B et Huyghe C 2010** Quelles légumineuses fourragères (espèces et variétés) et quelles conduites pour améliorer l'autonomie protéique des élevages herbivores ? *Innovations Agronomiques*, 11 : 101-114. <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/3394/34818/file/Ciag11-7-Julier.pdf>
- Johnson D A, Ford T M, Rumbaugh M D and Richardson B Z 1989** Morphological and physiological variation among ecotypes of sweetvetch (*Hedysarum boreale* Nutt.). *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 42(6), 496-501.
- Kadi S A, Belaidi-Gater N, Oudai H, Bannelier C, Berchiche M and Gidenne T 2012** Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. *In Proc. 10th World Rabbit Congress, 2012*

September, Sharm El-Sheikh, Egypt, 507-511. <https://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2012-Egypt/Papers/03-Nutrition/N-Kadi-01.pdf>

Kadi SA, Guermah H, Bannelier C, Berchiche M and Gidenne T 2011 Nutritive value of sun-dried sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and its effect on performance and carcass. *World Rabbit Sci.*, 19: 151–159. <https://www.polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/848/931>

Kadi SA, Guermah H, Mouhous A, Djellal F and Berchiche M 2015 Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*): an not well-known forage legume of the Mediterranean coast. *Actas AEL nr. 6. EUCARPIA International Symposium on Protein Crops, V Meeting AEL, Pontevedra, Spain, May 4-7 2015*, 127-128.

Kadi SA, Mouhous A, Djellal F and Gidenne T 2017a Replacement of barley grains and dehydrated alfalfa by Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in fattening rabbits diet. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 9(1): 13-22. <http://www.jfas.info/index.php/jfas/article/download/819/897>

Kadi S A, Mouhous A, Djellal F, Senhadji Y, Tiguem N et Gidenne T 2017b Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 29, Article #086. <http://www.lrrd.org/lrrd29/5/kadi29086.html>

Kellems R O and Church, D.C. 2010. *Livestock feeds and feeding*. Sixth edition 711p. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Kislenko VN and Cheremushkina V A 2014 L'effet des plantes médicinales sur la microbiocénose des poulets de chair. *Monde de science, culture, éducation*, 6 -49.

Krishan L A L, Kushwaha A K and Chaudhary L B 2014 Taxonomic notes on *Hedysarum astragaloides* (Fabaceae). *J. Jpn. Bot*, 89, 230-235.

Kuzmenkova S M and Nosylovsky O A 2020. Catalogue of the Herbarium of the Central Botanical Garden of the NAS of Belarus (MSKH). Anthophyta: Dicotyledones // *Hortus bot.* 15, 42 - 238. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=6685> DOI: 10.15393/j4.art.2020.6685 (in Russe)

Le Houérou H N 2001 Unconventional Forage Legumes for Rehabilitation of Arid and Semiarid Lands in World Isoclimatic Mediterranean Zones. *Arid Land Research and Management*, 15(3) : 185-202.

Le Houérou H N 2006 Les légumineuses fourragères dans la flore de la zone isoclimatique méditerranéenne. In *Workshop international sur la Diversité des fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications biotechnologiques, agronomiques et environnementales* (pp. 15-20).

Leto G, Todaro M, Di Noto A M and Alicata M L 2002 Comparison of Sulla-hay and Sulla-silage in the lactating ewes and their effects on milk and cheese characteristics. *Small Ruminant Research*, 45(3), 301-306.

Liu P L, Chen X L, Lu Y U A N, Chang Z Y and Yue M 2019 New species discovered from old collections, the case of *Hedysarum wangii* sp. nov. (Fabaceae, Hedysareae). *Phytotaxa*, 413(1), 27-38.

Liu PL, Wen J, Duan L, Arslan E, Ertuğrul K and Chang Z Y 2017 *Hedysarum* L. (Fabaceae: Hedysareae) Is Not Monophyletic – Evidence from Phylogenetic Analyses Based on Five Nuclear and Five Plastid Sequences. *PLoS ONE* 12(1): e0170596. <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0170596&type=printable>

Liu J G, Zhang B K, Zhao Z H, Chen W H and Zou S X 2005 Effects of prescriptions formed by Chinese herbal medicine with different principles on the laying performance, hormone and antioxidative function in laying hens [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 4.

Lonati M, Gorlier A and Lombardi G 2011 Syntaxonomy and synecology of *Hedysarum brigantiacum* communities in the western Italian Alps. *Acta botanica gallica*, 158(4), 473-486.

Lunell J 1916 *Enumerantur Plantae Dakotae Septentrionalis Vasculares/ The Vascular Plants of North Dakota*. VII. *American Midland Naturalist*, 4(10), 419-431.

- Mahanta J D, Borgohain B, Sarma M, Sapkota D and Hussain J 2017** Effect of dietary supplementation of herbal growth promoter on performance of commercial broiler chicken. *Indian Journal of Animal Research*, 51(6), 1097-1100.
- Mannina L, Sobolev A P, Di Lorenzo A, Vista S, Tenore G C and Daglia M 2015** Chemical composition of different botanical origin honeys produced by Sicilian black honeybees (*Apis mellifera* ssp. *sicula*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(25), 5864-5874.
- Martiniello P, Laudadio V, Pinto V and Ciruzzi B 2000** Influence of cultivation techniques on the production of sulla (*Hedysarum coronarium*) and sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) in Mediterranean regions. *Fourrages*, (161), 53-59.
- McMahon L R, McAllister T A, Berg B P, Majak W, Acharya S N, Popp J D, Coulman B E, Wang Y and Cheng K J 2000** A review of the effects of forage-condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. *Canadian Journal of Plant Science*, 80(3), 469-485.
<https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdfplus/10.4141/P99-050>
- Memariani F, Zarrinpour V and Akhiani H 2016** A review of plant diversity, vegetation, and phytogeography of the Khorassan-Kopet Dagh floristic province in the Irano-Turanian region (northeastern Iran–southern Turkmenistan). *Phytotaxa*, 249(1), 8-30.
- Min B R, Barry T N, Attwood G T and McNabb W C 2003** The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal feed science and technology*, 106(1-4), 3-19.
- Molan A L and Bucksburn A 2000** Forages on the viability of the larvae of deer lungworms and gastrointestinal nematodes. *The Veterinary Record*, 147, 44-48.
- Molan A L, Duncan A J, Barry T N and McNabb W C 2003** Effects of condensed tannins and crude sesquiterpene lactones extracted from chicory on the motility of larvae of deer lungworm and gastrointestinal nematodes. *Parasitology International*, 52(3), 209-218.
- Molan A L, Waghorn G C and McNabb W C 2002** Effect of condensed tannins on egg hatching and larval development of *Trichostrongylus colubriformis* in vitro. *Veterinary Record*, 150(3), 65-69.
- Molan A L, Waghorn G C, Min B R and McNabb W C 2000** The effect of condensed tannins from seven herbages on *Trichostrongylus colubriformis* larval migration in vitro. *Folia parasitologica*, 47(1), 39-44.
- Molle G, Decandia M, Cabiddu A, Landau S Y and Cannas A 2008** An update on the nutrition of dairy sheep grazing Mediterranean pastures. *Small Ruminant Research*, 77(2-3), 93-112.
- Molle G, Decandia M, Fois N, Ligios S, Cabiddu A and Sitzia M 2003** The performance of Mediterranean dairy sheep given access to sulla (*Hedysarum coronarium* L.) and annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) pastures in different time proportions. *Small Ruminant Research*, 49(3), 319-328.
- Molle G, Decandia M, Giovanetti V, Cabiddu A, Fois N and Sitzia M 2009.** Responses to condensed tannins of flowering Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) grazed by dairy sheep: Part 1: Effects on feeding behaviour, intake, diet digestibility and performance. *Livestock Science*, 123(2-3), 138-146.
- Molle G, Sitzia M, Decandia M, Fois N, Scanu G and Ligios S 2000** Intake and performance of dairy ewes grazing Mediterranean forages either as pure or mixed swards. *Options Méditerranéennes*, 52, 187-192.
- Nafisi H, Kazempour-Osaloo, S., Mozaffarian, V., & Schneeweiss, G. M. (2019).** Molecular phylogeny and divergence times of the genus *Hedysarum* (Fabaceae) with special reference to section *Multicaulia* in Southwest Asia. *Plant Systematics and Evolution*, 305(10), 1001-1017.
- Niezen J H, Waghorn T S, Charleston W A G and Waghorn G C 1995** Growth and gastrointestinal nematode parasitism in lambs grazing either lucerne (*Medicago sativa*) or Sulla (*Hedysarum coronarium*) which contains condensed tannins. *The Journal of Agricultural Science*, 125(2), 281-289.

- Nitzan R, Barkai D, Nitsan Z and Landau S 2002** Intake, growth and carcass characteristics of young ostriches given concentrates with and without pasture. *Animal Science*, 74(1), 71-79.
- Oddo L P, Piazza M G, Sabatini A G and Accorti M 1995** Characterization of unifloral honeys. *Apidologie*, 26(6), 453-465.
- Oddo L P, Piro R, Bruneau É, Guyot-Declerck C, Ivanov T, Piskulová J, Flamini C, Lheritier J, Morlot M, Russmann H, Von Der Ohe W, Von Der Ohe K, Gotsiou P, Karabournioti S, Kefalas P, Passaloglou-Katrali M, Thrasyvoulou A, Tsigouri A, Marcuzzan G L, Piana M L, Piazza MG, Sabatini A G, Kerkvliet J, Godinho J, Bentabol A, Valbuena A O., Bogdanov S and Ruoff K 2004** Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S38-S81. <https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/2004/06/MHS06.pdf>
- Oganesian M E, Asatrian M Y, Sargsyan M V, Papikyan A S and Khachatryan A S 2018** Revision of the types collection of Herbarium of the Institute of botany, National Academy of Sciences, Republic Armenia (ERE), 2.(General department). Ջախտայանիա= Тахтаджяния, 4, 80-99.
- Oğuz İ, Koçylğıt R and ErşahİN S 2015** The effect of range management on soil carbon content in degraded soil. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(3), 133-137.
- Ozturk M, Dalgic R, Guvensen A and Altay V 2013** An Overview of the Melissopalynological Studies in Turkey. In *The Open Conference Proceedings Journal* (Vol. 4, No. 1).
- Paolini V, Dorchies Ph et Anthanasladou S 2002** Effets des tannins condensés et des plantes à tanins sur le parasitisme gastro-intestinal par les nématodes chez la chèvre. *Renc. Rech. Ruminants*, 9: 411-414. http://journes3r.fr/IMG/pdf/2002_elevage_bio_parasitisme_01_Paolini.pdf
- Parri E, Santinami G and Domenici V 2020** Front-Face Fluorescence of Honey of Different Botanic Origin: A Case Study from Tuscany (Italy). *Applied Sciences*, 10(5), 1776.
- Piluzza G, Sulas L and Bullitta S 2014** Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass and Forage Science*, 69(1), 32-48.
- Piccaglia R, Gaspari F and Vecchietini M 2003** Characterisation of an Italian wild Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). In *Optimal forage systems for animal production and the environment. Proceedings of the 12th Symposium of the European Grassland Federation, Pleven, Bulgaria, 26-28 May 2003* (pp. 441-444). Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).
- Piccioni M 1965** Dictionnaire des aliments pour les animaux.
- Priolo A, Bella M, Lanza M, Galofaro V, Biondi L, Barbagallo D, Ben Salam H and Pennisi P 2005** Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate. *Small ruminant research*, 59(2-3), 281-288.
- Qais N, Jahan S and Shajib M S 2018** A review on anti-diabetic plants. *Dhaka University Journal of Pharmaceutical Sciences*, 17(1), 139-152.
- Rochon J J, Doyle C J, Greef J M, Hopkins A, Molle G, Sitzia M, Scholefield D and Smith C J 2004** Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. Blackwell Publishing Ltd. *Grass and Forage Science*, 59, 197–214.
- Satta A, Acciaro M, Floris I, Lentini A and Sulas L 2000** Insect pollination of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) and its effect on seed production in a Mediterranean environment. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 45, 373-377.
- Slim S and Ben Jeddi F 2012** Effets du préfanage et du conditionnement du fourrage de sulla (*Hedysarum coronarium* L.) sur la qualité de son ensilage. *Fourrages*, 210 :159-165. <http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=1883&statut=0>
- Seryodkin I V 2016** Behavior of brown bears during feeding in the Sikhote-Alin. *Achievements in the Life Sciences*, 10(1), 38-47.

- Stienezen M, Waghorn G C and Douglas G B 1996** Digestibility and effects of condensed tannins on digestion of Sulla (*Hedysarum coronarium*) when fed to sheep.
- Sulas L, Campesi G, Piluzza G, Re G A, Deligios P A, Ledda L and Canu S 2019** Inoculation and N Fertilization Affect the Dry Matter, N Fixation, and Bioactive Compounds in Sulla Leaves. *Agronomy*, 9(6), 289.
- Song Q H, Kobayashi T, Xiu L M, Hong T and Cyong J C 2000** Effects of Astragali root and Hedysari root on the murine B and T cell differentiation. *Journal of ethnopharmacology*, 73(1-2), 111-119.
- Song Z, Sun H, Zhang M, Hua Y, Ji P and Wei Y 2013** Effects of crude hedysari polysaccharide on growth performance, serum biochemical parameters and antioxidant capacity in weaner piglets under immune stress. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 25(5), 1062-1068.
- Stubbs C S, Jacobson H A, Osgood, E A and Drummond F A 1992** TB148: Alternative Forage Plants for Native (Wild) Bees Associated with Lowbush Blueberry, *Vaccinium* spp., in Maine.
- Tekin M and Akyol Y 2018** Endemik *Hedysarum Cappadocicum* Boiss.(Fabaceae) Türünün Anatomik Özellikleri. *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri Ve Biyoteknoloji*, 7(2), 207-213.
- Terrill T H, Douglas G B, Foote A G, Purchas, R W, Wilson G F and Barr T N 1992** Effect of condensed tannins upon body growth, wool growth and rumen metabolism in sheep grazing sulla (*Hedysarum coronarium*) and perennial pasture. *The Journal of Agricultural Science*, 119(2), 265-273.
- Tibe O, Meagher L P, Fraser K and Harding D R K 2011** Condensed Tannins and Flavonoids from the Forage Legume Sulla (*Hedysarum coronarium*). *J. Agric. Food Chem.*, 59: 9402–9409.
- Tojibaev, K. (2019).** BBK 28.6 K-13. (in Russe)
- Tojibaev K S, Beshko N Y and Popov V A 2016** Botanical-geographical regionalization of Uzbekistan. *Russian Journal of Botany*, 101, 1105-1132.
- Tojibaev K, Beshko N, Turginov O and Mirzalieva D 2014** New records for Fabaceae in the flora of Uzbekistan. *Flora Mediterranea*, 24, 25-35.
- Tzamaloukas O, Athanasiadou S, Kyriazakis I, Huntley J F and Jackson F 2006** The effect of chicory (*Cichorium intybus*) and sulla (*Hedysarum coronarium*) on larval development and mucosal cell responses of growing lambs challenged with *Teladorsagia circumcincta*. *Parasitology*, 132(3), 419.
- Ünal S, Mutlu Z, Mermer A, Öztekin U, Ünal E, Özaydın A, Avağ A, Yıldız H, Aydoğmuş O, Şahin B and Aslan S 2012** A study on determination of condition and health of rangelands in Çankırı Province. *Tabad-Research Journal of Agricultural Sciences* 5(2):131-135 (Prof Dr. Selahattin İptaş Agricultural Congress).
- Ünal S, Mutlu Z, Urla Ö, Yıldız H, Aydoğdu M, Şahin B and Aslan S 2014** Improvement possibilities and effects of vegetation subjected to long-term heavy grazing in the steppe rangelands of Sivas. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 22-30.
- Urgamal M, Oyuntsetseg A P B, Nyambayar A P D and Dulamsuren C 2014** Conspectus of vascular plants to the flora of Mongolia. (Editors: Sanchir, Ch. & Jamsran, Ts.). Ulaanbaatar, Mongolia. Admon Press. 334p.
- Uyar Z, Koz Ö, Uyar E, Arslan Ü, Koyuncu I and Nalbantsoy A 2017** Total phenolic, flavonoid, fatty acid contents and cytotoxic, antioxidant, and antimicrobial activities of *Hedysarum aucheri*. *Journal of pharmaceutical research international*, 1-13. 43
- Vertès F, Jeuffroy MH, Louarn G, Voisin A S et Justes E 2015** Légumineuses et prairies temporaires : des fournitures d'azote pour les rotations. *Fourrages*, 223 : 221-232. <http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=2054&statut=0>
- Wang R, Guo Y L, Liang G R, Su Q H, Ding X S and Chen Y 2011** Effects of *Hedysarum polybotrys* extracts on growth performance, metabolism and carcass traits of broilers [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 4.
- Welsh S L 1995** Names and types of *Hedysarum* L. (Fabaceae) in North America. *The Great Basin Naturalist*, 66-73.

Windisch W, Schedle K, Plitzner C and Kroismayr A 2008 Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of animal science*, 86 (suppl_14), E140-E148.

Woodward S L, Waghorn G C, Lassey K R and Laboyrie P G 2002 Does feeding Sulla (*Hedysarum coronarium*) reduce methane emissions from dairy cows? *Proceedings-New Zealand society of animal production* (Vol. 62, pp. 227-230).

Yavuz D Ö Bulama-Modu M 2020. A Review of Recent Phytomedicinal Investigations and the Need for DNA Barcoding of Endemic Plants of Northern Cyprus. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 61-70.

Yanli G and Rong W 2013 Effects of aqueous extract of *Radix Hedysari* on antioxidation and immunity in broilers. *China Feed*, (11), 10.

Yanli G, Guangzhu Z and Rong W 2012 Effects of *Radix Hedysari* and *Radix Codonopsis* compound on antioxidant status and immune function in broilers. *China Feed*, 2012(19), 13.

Zhilyakova TP, Zinner NS, Udintsev SN and Sviridova TP 2013. Prospects for the use of aerial parts of alpine penny (*Hedysarum alpinum* L.) and tall elecampan (*Inula helenium* L.) as food-phytogenic additives for Pig breeding. *Tomsk State University Journal of Biology*. 4 (24), 124–132.

Zhong G Z, Guo Y L, Wang R, Meng D L, Wang Z Q, Zhang M M and Ma W H 2011. Effects of *Radix hedysari* on growth performance, metabolism and carcass traits of broilers [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2. (Abstract)

Zirmi-Zembri N et Kadi S A 2016 Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28, Article #145. <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/zemb28145.html>

Zirmi-Zembri N and Kadi S A 2020a Chemical composition and nutritive value of *Hedysarum flexuosum* L. According to morphological parts and phenological stages. *J Fundam Appl Sci.*, 12(1S), 89-107.

Zirmi-Zembri N and Kadi S A 2020b Morphological Diversity Assessment of Five Populations of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) Harvested at Five Phenological Stages in Kabylie region (Algeria). *Journal of Rangeland Science*, 10(3), 341-356.

Zizhi H and Degang Z 2006 Country Pasture/Forage Resource Profiles CHINA.

Zvyagina N S, Dorogina O V and Catalan P 2016 Genetic relatedness and taxonomy in closely related species of *Hedysarum* (Fabaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 69:176-187.

Partie 2

Travail pratique

Zirmi-Zembri N., Kadi S. A. 2020. Chemical composition and nutritive value of *Hedysarum flexuosum* L. according to morphological parts and phaenological stages. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 12(1S), 89-107. <https://jfas.info/index.php/JFAS/article/view/646/247>



Journal of Fundamental and Applied Sciences

ISSN 1112-9867

Available online at <http://www.jfas.info>

CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIVE VALUE OF *HEDYSARUM FLEXUOSUM* L. ACCORDING TO MORPHOLOGICAL PARTS AND PHAENOLOGICAL STAGES

N. Zirmi-Zembri,^{*} S.A. Kadi

Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies (LABAB), Université Mouloud Mammeri UN1501, Tizi-Ouzou, Algérie

Received: 12 June 2019/ Accepted: 08 December 2019 / Published online: 01 January 2020

Composition chimique et valeur nutritive de différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* L. récoltées à différents stades phénologiques

N Zirmi-Zembri et S A Kadi

*Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques,
Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies (LABAB),
Université Mouloud Mammeri UN1501, Tizi-Ouzou. Algérie.
zembrinacima@gmail.com*

Résumé

L'objectif du présent travail est d'évaluer la composition chimique et la valeur nutritive de différentes parties de la plante d'*Hedysarum flexuosum* et leur évolution en fonction des différents stades phénologiques, dans l'optique de retenir le stade de récolte le plus approprié. Les données sont issues des résultats des analyses de la composition chimique des trois principales parties de la plante (plante entière, tiges seules et feuilles seules) selon les stades phénologique, obtenues dans le cadre de différents travaux de recherche réalisés au laboratoire de nutrition animale et produits animaux à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie). Deux systèmes d'unités ont été utilisés pour le calcul de la valeur nutritive : le système des unités fourragères (UF) et protéines digestibles dans l'intestin (PDI) développés par l'INRA Français et le système Américain dit Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Au stade début floraison, la composition de la plante entière est de (/kg Matière Sèche) : 495 g d'NDF, 381 g d'ADF, 90 g d'ADL, 166,1 g de protéines et 17 MJ/kg d'énergie brute. Au stade bourgeonnement, la composition chimique de la plante entière est nettement meilleure surtout en apport protéique qui atteint 225 g/kg de matière sèche. Par ses apports nutritifs, le *Sulla flexuosa* peut être classé parmi les fourrages de très bonne qualité pour les ruminants (/kg MS) : 0,94 à 1,03 UFL ; 0,87 à 0,98 UFV ; 95 à 130 g de PDIE ; 103 à 141 g de PDIN. La valeur alimentaire relative (VAR) variant de 123,22 à 142,82 et la qualité relative (QRF) estimée entre 119,76 à 133,43 confirment la très bonne qualité fourragère de cette légumineuse. En termes de valeur nutritive, *Hedysarum flexuosum* devrait être récoltée ou pâturée au stade bourgeonnement, au plus tard début floraison.

Mots clés : *composition chimique, Hedysarum flexuosum, stades phénologiques, valeur nutritive*

Chemical composition and nutritive value of different morphological parts of *Hedysarum flexuosum* L. harvested at different phaenological stages: 1- for ruminants

Abstract

The objective of this work is to evaluate the chemical composition and nutritive value of different parts of the *Hedysarum flexuosum* plant and their evolution according to the different phaenological stages, in order to retain the most appropriate harvesting stage. The data are based

on the results of analyses of the chemical composition of the three main parts of the plant (whole plant, stems only and leaves only) according to the phenological stages, obtained in the context of various research projects conducted at the animal nutrition laboratory and animal products at the Mouloud Mammeri University of Tizi-Ouzou (Algeria). Two systems of units were used to calculate the nutritional value: the system of forage units (UF) and digestible proteins in the intestine (PDI) developed by the French INRA and the American system called Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). At the early flowering stage, composition of the whole plant is (/kg Dry Matter): 495 g NDF, 381 g ADF, 90 g ADL, 166.1 g protein and 17 MJ/kg gross energy. At the budding stage, the chemical composition of the whole plant is much better, especially in terms of protein content, which reaches 225 g/kg of dry matter. According to its nutrient content, *Sulla flexuosa* can be classified as a very good quality forage for ruminants (/kg MS): 0.94 to 1.03 UFL ; 0.87 to 0.98 UFV ; 95 to 130 g PDIE ; 103 to 141 g PDIN. The relative feed value (RVR) ranging from 123.22 to 142.82 and the relative quality (QRF) estimated at 119.76 to 133.43 confirm the very good forage quality of this legume. In terms of nutritional value, *Hedysarum flexuosum* should be harvested or grazed at the bud stage, at the latest at the beginning of flowering.

Keywords: *chemical composition, Hedysarum flexuosum, nutritive value, phenological stages*

INTRODUCTION

En Algérie la production fourragère et pastorale est en dessous des besoins alimentaires du cheptel (Abdelguerfi et Laouar 1999). Ce déficit fourrager est quantitatif et qualitatif, et y'est évalué à quatre milliards d'UF (Houmani 1999 ; Issolah 2008). Les éleveurs sont par conséquent contraints d'alimenter leur cheptel avec de la paille et des quantités excessives d'aliment concentré, ce qui engendre des rendements en lait très faibles, une viande de moindre qualité et des maladies métaboliques dont souffrent les animaux (Kadi et al 2007).

Devant les défis multiples auxquels sont confrontés les éleveurs, essentiellement l'amélioration des niveaux de production tout en s'adaptant aux changements climatiques, en respectant l'environnement et en limitant les coûts alimentaires, Maxim (2015) a identifié auprès des spécialistes des fourrages pour ruminants que les axes de recherche doivent concerner d'abord l'acquisition de connaissances sur la valeur alimentaire des fourrages pour caractériser des ressources fourragères nouvelles permettant de sécuriser les systèmes fourragers et d'améliorer l'autonomie protéique des élevages. D'après Kadi et Djellal (2009), l'autonomie alimentaire des exploitations situées en zone de montagne est loin d'être atteinte, essentiellement à cause de la charge animale à l'hectare qui est importante, un niveau de consommation de concentrés élevé alors que ces derniers sont achetés en quasi-totalité ainsi que le caractère hors sol de la production laitière.

En outre, l'Algérie recèle un patrimoine très riche en espèces fourragères spontanées qui, utilisées à l'état sans aucune amélioration, pourrait atténuer les effets conjugués du manque en quantité et en qualité des fourrages (Abdelguerfi et Laouar 1999). Les apports de certaines espèces sont au même niveau, voire meilleures que certaines ressources fourragères cultivées (Zirmi-Zembri et Kadi 2016 ; Kadi et Zirmi-Zembri 2016).

Les fourrages constituent la première source de protéines pour les ruminants (Huyghe 2003). Chez les légumineuses encore plus que chez les graminées, l'essentiel de la valeur alimentaire (protéines et fibres digestibles) réside dans les feuilles (Uijtewaal et al 2016). Par conséquent, la composition chimique, la digestibilité et la quantité ingérée évoluent en fonction de l'âge de la plante et dépendent donc de la maturité du fourrage (Weiss et Demarquilly 1970 ; Kellems et Church 2010). La production de matière sèche augmente avec le stade ou l'âge du fourrage, tandis que la quantité d'éléments nutritifs récoltés à l'hectare est maximale en tout début d'épiaison pour les graminées et au stade "boutons floraux" pour les légumineuses (Demarquilly et al 1998). Les valeurs UFL les plus élevées ont été observées pour des fourrages récoltés avant 700°C.j, et cette valeur chute avec l'avancée en végétation (Boisdon et al 2009). La digestibilité de la matière organique est le plus important facteur qui détermine la qualité du fourrage, elle est bien corrélée à l'évolution du stade végétatif, donc la connaissance du stade de maturité améliore la gestion des fourrages pour déterminer la date de coupe et de pâturage les plus propices (Borreani et al 2000).

Les légumineuses fourragères interviennent sur les différents compartiments du vivant (Duru 2016): les humains, les animaux, les plantes, les sols et les écosystèmes. Elles jouent un rôle important dans le fonctionnement de l'écosystème prairial (Jarrige et al 1995), chez les ruminants, l'intérêt nutritionnel des légumineuses réside essentiellement dans leur teneur élevée en protéines (Baumont et al 2016) et leur richesse en azote dégradable qui permet d'améliorer la digestibilité, en augmentant la disponibilité en azote soluble au niveau du rumen (Delaby et al 2016). Cette richesse variable en protéines, selon les espèces, les stades de récolte, les modalités de récolte et de conservation (Baumont et al 2010a), leur confère un rôle essentiel dans l'équilibre des rations et l'autonomie alimentaire des systèmes d'élevage.

Certaines légumineuses des régions tempérées possèdent des tannins condensés, composés phénoliques qui interviennent dans l'utilisation des protéines en réduisant leur dégradabilité par les microorganismes du rumen, améliorant ainsi l'utilisation de ces protéines (Julier et Huyghe 2010). Ces composants secondaires confèrent à ces légumineuses des propriétés anthelminthiques (Paolini et al 2002 ; Farruggia et al 2008 ; Hoste et al 2009 ; Tibe et al 2011 ; Hoste et al 2018) et de non météorisation (Andrée et al 2015), contribuent à la réduction de la production des rejets azotés et l'émission du gaz à effet de serre (CH₄) dans l'environnement (Aufrère et al 2013 ; Hoste et al 2018) et améliore la croissance et la qualité nutritionnelle des produits animaux (Bonanno et al 2010).

Aussi, les légumineuses jouent un rôle très important dans la restauration des sols pauvres et dégradés en fixant l'azote atmosphérique grâce à leur relation hétérotypique avec les microorganismes telluriques qui enrichissent le fourrage en composés protéiques (Borreani et al 2003 ; Lloyd et al 2003 ; Julien et Huyghe 2010 ; Kellems et Church 2010), et constituent une alternative à l'emploi d'engrais industriels de synthèse (Vertès et al 2015 ; Delaby et al 2016).

La valeur nutritive permet d'évaluer la contribution d'un aliment à la couverture des besoins nutritionnels de l'animal. Elle est fortement liée à la composition biochimique et à l'origine des constituants végétaux (cytoplasmiques et membranaires) constitutifs de l'aliment. La valeur

nutritive des aliments est indispensable pour la formulation des rations alimentaires équilibrées et à moindre coût ; la détermination de cette valeur pour les fourrages passe par la mesure directe de la digestibilité de la matière organique (dMO) sur des animaux vivants, en bonne santé et maintenus dans des cages à métabolisme. Cette méthode dite *in vivo* est la plus rigoureuse sur le plan expérimental mais elle est chronophage, laborieuse et très chère (Demarquilly et Jarrige 1981). Pour faire face à ces inconvénients, plusieurs méthodes indirectes d'évaluation de la digestibilité des fourrages pour les ruminants sont utilisées (méthodes chimiques, physiques et biologiques). Aussi, des unités d'alimentation ont été mises au point pour assurer que les différents éléments nutritifs dont a besoin l'animal sont apportés en quantités suffisantes lui permettant d'extérioriser son potentiel de production (Sauvant 2004).

Pour déterminer la valeur nutritive des fourrages à partir de leur composition chimique, plusieurs systèmes d'expression sont utilisés à travers le monde. Les premiers systèmes ont été proposés au 19^{ème} siècle à la suite des progrès réalisés en Allemagne dans les analyses des aliments et les mesures de digestibilité (Henneberg et Stohmann 1860). La mise en place d'unités exige beaucoup de moyens de recherche, et donc très peu de pays dans le monde ont développé des systèmes d'unités, parmi eux les USA dans le domaine des ruminants (le NRC pour les petits ruminants et le CNCPS de Cornell pour les bovins), le système des unités fourragères (UF) et le système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI) développés par l'INRA Français; les pays du nord de l'Europe ont conçu le système NorFor (Sauvant et Nozière 2013).

Le genre *Hedysarum* est composé d'un grand nombre d'espèces comprenant des espèces fourragères annuelles et pérennes, largement distribuées dans le monde (Le Houérou 2001; Issolah et al 2006; Zvyagina et al 2016; Liu et al 2017). En Algérie il en existe dix espèces dont plusieurs sont endémiques très localisées (Abdelguerfi-Berrekia et al 1988; Issolah et Beloued 2005). Parmi ces espèces, *Hedysarum flexuosum* connue également sous le nom d'*Hedysarum algériense* Pomel (<https://www.gbif.org/fr/occurrence/1935928248>) et *Sulla flexuosa* (Choi et Ohashi 2003). Elle se caractérise par une répartition Ibéro-nord-africaine (Ben fadhel et al 2006), endémique du centre nord de l'Algérie (Abdelguerfi-Berrakia et al 1991) et se développe dans les régions à pluviométrie moyenne supérieure à 550 mm, dans l'étage bioclimatique humide et subhumide (Abdelguerfi et Laouar 1999). Abdelguerfi-Berrekia et al (1991) et Ben Fadhel et al (1997) ont décrit *H. flexuosum* comme une légumineuse fourragère avec des feuilles composées imparipennées, des fleurs de couleur violacée, des gousses flexueuses de 1 à 4,5 cm de long couvertes d'aiguillons, des graines de couleur marron, réniformes ou ovoïdes, espèce diploïde préférentiellement allogame, à port érigé avec des ramifications plagiotropes.

A cause de son caractère de fourrage spontané et non cultivée, *Hedysarum flexuosum*, communément appelé Sulla, est malheureusement classée sur la liste rouge des espèces dont le risque de disparition est élevé (Groom 2012). Pourtant, les quelques travaux réalisés en Algérie sur cette légumineuse font ressortir son caractère d'excellente ressource fourragère (Kadi et al 2011 ; Kadi et al 2012; Kadi et al 2015; Kadi et al 2017a et 2017b; Mouhous et al 2017). C'est pour cela que dans notre laboratoire de nutrition animale et produits animaux l'on continue de

s'intéresser à cette espèce et à œuvrer pour sa caractérisation afin de sensibiliser les utilisateurs et les pouvoirs publics de l'intérêt de sa préservation et sa valorisation comme ressource fourragère par excellence.

L'objectif du présent travail est d'évaluer la composition chimique et la valeur nutritive de différentes parties de la plante d'*Hedysarum flexuosum* et leur évolution en fonction des différents stades phénologiques dans l'optique de retenir le stade de récolte le plus approprié.

MATERIEL ET METHODES

Les données exploitées dans ce travail sont issues de la base de données de notre laboratoire de nutrition animale et produits animaux à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie). Cette base est constituée des résultats de composition chimique d'*H. flexuosum* obtenus dans le cadre de différents travaux réalisés au laboratoire et dans le but de la caractérisation, conservation et valorisation de cette légumineuse. De ce fait, les données ont été mises à jour périodiquement selon l'évolution des travaux sur cette thématique et selon les trois principales parties de la plante (plante entière, tiges seules et feuilles seules) et les principaux stades phénologiques tel que définis par Kalu et Fick (1981) et modifié par Borreani et al (1999) pour *Hedysarum coronarium* et que nous avons adaptés pour *Hedysarum flexuosum* (Tableau 1, Figure 1).

Tableau 1 Stades phénologiques d'*Hedysarum flexuosum* adoptés dans le cadre de l'étude

Stade	Dénomination	Caractéristiques
Stade 0	Rosette	Aucune tige ou bourgeon floral
Stade 1	Mi- stade végétatif	Longueur des tiges < 15 cm, aucune branche
Stade 2	Fin du stade végétatif	Tiges supérieures à 15 cm, aucun bouton floral
Stade 3	Début bourgeonnement	Apparition des premiers boutons floraux
Stade 4	Fin bourgeonnement	Boutons floraux, aucune fleur ouverte
Stade 5	Début de floraison	Apparition des premières fleurs
Stade 6	Floraison	Fleurs ouvertes, aucune gousse
Stade 7	Début formation des gousses	Fleurs brunes, apparition de la première gousse
Stade 8	Pleine formation de gousses	Fleurs brunes, gousses vertes
Stade 9	Maturation de graines	Gousses brunes mûres



Figure 1. Aspects d'*Hedysarum flexuosum* selon le stade phénologique

Dans les conditions de production et d'alimentation des animaux sur le terrain, les stades 1 à 6 sont quasiment les seuls utilisés, ce qui a motivé le choix de ne prendre en considération que ces derniers et de se passer des stades 0, 7, 8 et 9.

Lieu de récolte du matériel végétal

Les échantillons ont été prélevés au niveau de plusieurs parcelles situées dans la région de Tizi-Ouzou. Les coordonnées géographiques sont : Latitude : $36^{\circ} 42' 42''$ N, Longitude : $4^{\circ} 2' 45''$ E. La période de récolte des échantillons s'est étalée du mois de Janvier au mois de Mai.

Analyse de la composition chimique

Les analyses chimiques ont porté sur les teneurs en matière sèche (MS), matières minérales (MM), matières azotées totales (MAT), fibres de Weende ou cellulose brute (CB) et/ou fibres Van Soest (NDF, ADF et ADL), matières grasses (MG) et les principaux acides aminés (Arginine, Cystine, Leucine, Lysine, Méthionine, Thréonine et Tyrosine), ces derniers ont été dosés pour la plante entière aux stades début bourgeonnement et floraison.

Ces analyses ont été réalisées, selon le cas, au niveau du Laboratoire commun de la faculté à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, au Laboratoire de l'ONAB (Office National d'Aliment du Bétail) ou bien au Laboratoire de l'INRA (Institut National de Recherche Agronomique) à Toulouse en France.

Pour certains stades phénologiques, les valeurs des paramètres CB, NDF et ADF n'étant pas disponibles, elles ont été estimées l'aide des équations de Baumont et al (2010a) :

$$NDF = 0,575 \text{ CB} + 320 (\text{CB en g/kg MS})$$

$$\text{CB} = 1,572 \text{ ADF} + 9,5 \quad (\text{ADF en g/kg MS})$$

Et ADF en utilisant l'équation de Blas et al (2002) : $ADF = 73,01 + 1,227 \text{ CB}$ (CB en g/kg de MS).

Calcul de la valeur nutritive

Deux systèmes d'unités ont été utilisés : le système des unités fourragères (UF) et protéines digestibles dans l'intestin (PDI) développés par l'INRA Français et le système américain dit *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS)

Le système des unités fourragères (UF) et protéines digestibles dans l'intestin (PDI).

a- Les valeurs énergétiques

Pour la valeur énergétique, on estime d'abord la digestibilité de la matière organique (dMO), puis les UFL (Unité Fourragère Lait) et UFV (Unité Fourragère Viande) sont calculées de façon séquentielle à partir des estimations de l'énergie brute (EB), de l'énergie digestible (ED), de l'énergie métabolisable (EM) et enfin de l'énergie nette (EN) :

- $EB (\text{Kcal/kg de MO}) = 4444 + 1,464 \text{ MAT}$ (Peiretti 2005)

- $ED = EB * dE / 100$ ($dE = \text{digestibilité de l'énergie brute EB en \%}$) (Vermorel 1988)

- $dE = 0,957 * dMO - 0,068$; $R^2 = 0,99$ (Baumont et al 2010a)

- $dMO (\text{en \% MO}) = 95,5 - 0,101 * \text{CBo} (\text{g/Kg de MO})$ (Baumont et al 2010a)

- $EM/ED = (84,17 - 0,0099 \text{ CBo} (\text{g/Kg de MO}) - 0,0196 \text{ MATo} (\text{g/Kg de MO})) + 3,757$ (Baumont et al 2010b)

- $q = EM/EB$ (Vermorel 1988)
- $EN = kxEM; ENL = klxEM; ENM = kmxEM; ENV = kmfxEM$ (Vermorel 1988)
- $kl = 0,4632 + 0,24q; km = 0,287q + 0,554; kf = 0,78q + 0,006; kmf = \frac{kmxkfx 1,5}{(kf+0,5km)}$ (Vermorel 1988)
- $UFL = EM \times kl / 1700$ (1700kcal/kg MS=ENL d'1Kg d'orge de référence (Vermorel 1988)
- $UFV = EM \times kmf / 1820$ (1820kcal/kg MS=ENV d'1Kg d'orge de référence (Vermorel 1988)

b- Les valeurs azotées

Le calcul de la valeur azotée (PDI) d'un fourrage nécessite de connaître, outre sa teneur en MAT et sa dMO, la dégradabilité théorique de ses matières azotées dans le rumen (DT) et la digestibilité réelle des protéines dans l'intestin (dr) (Baumont et al 1999). Le système d'évaluation de la nutrition azotée intègre les remaniements importants des protéines dans le rumen (Nozière et al 2007 ;Baumont et al 2009) et pour chaque aliment, on distingue deux valeurs :

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

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

- $PDIA = 1,11 \times MAT \times (1-DT) \times dr$; pour les fourrages verts $DT = 0,73$ et $dr = 0,75$ (Vérité et Peyraud 1988)

- $PDIMN = 0,64 \times MAT \times (DT - 0,10)$ (Vérité et Peyraud 1988)

- $PDIME = 0,093 \times MOF$ (Vérité et Peyraud 1988)

- $MOF = MO \times dMO - MAT \times (1-DT)$ (Vérité et Peyraud 1988)

- $dMO (\%MO) = 900(MAT/MO)^2 + 45,1$ (MAT et MO en % MS) (Guerin et al 1989)

Avec : - PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin
 - PDIA : Protéines Digestibles dans l'Intestin d'origine Alimentaire
 - MOF : Matière Organique Fermentescible

Le système Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)

Ce système se base sur la vitesse de dégradation des hydrates de carbones dans le rumen, lorsque la ration est composée de fourrage uniquement, l'énergie est le premier facteur limitant l'extériorisation des performances de l'animal, on peut alors estimer le contenu énergétique à partir de son contenu ADF (Tremblay et al 2002).

C'est l'estimation de la valeur alimentaire relative des fourrages (VAR), en anglais : relative feed value (RFV) et de la qualité relative des fourrages (QRF), en anglais : relative forage quality (RFQ).

Le Cornell Net Carbohydrate and Protein System prédit les besoins des animaux d'élevage et l'apport des nutriments (Tylutki et al 2008), il utilise les glucides alimentaires et les taux de dégradation et de passage des protéines pour prédire l'ampleur de la fermentation ruminale, la production de protéines microbiennes, l'absorption post-ruminale et l'apport total d'énergie métabolisable et de protéines à l'animal (Fox et al 2004).

a- Valeur alimentaire relative des fourrages (VAR)

Plus connue chez les américains sous l'abréviation de RFV (Relative Feed Value), c'est un indice pour classer les fourrages de graminées et de légumineuses en fonction de l'apport d'énergie digestible calculé à partir des teneurs en fibres au détergent acide (ADF) et en fibres au détergent neutre (NDF) (Undersander et Moore 2004 ; Allen et al 2011). La VAR a été développée par l'*American Forage and Grassland Council* (AFGC) et l'équation pour sa détermination a été décrite par Rohweder et al (1978), en associant la digestibilité de la matière sèche (DMS) à la consommation volontaire des fourrages (CMS) :

$$VAR = \frac{(DMS(\%MS) * CMS (Kg de PV/J))}{1,29}$$

DMS : Digestibilité de la matière sèche du fourrage en (%) ;

CMS (ou IV): Consommation de matière sèche (Ingestion volontaire), exprimée en pourcentage de poids vif par jour.

DMS (% MS) = 88,9 – [0,779 * ADF (% MS)]; CMS (IV) = 120 / NDF (% MS)

ADF: Acid detergent fiber ; NDF: Neutral detergent fiber.

Lors de l'établissement de l'équation de la VAR, les auteurs ont convenu qu'un fourrage dosant 41 % d'ADF et 53 % de NDF aurait un indice de 100 (Jeranyma et Garcia 2004 ; Kellems et Church 2010). Selon ces auteurs, la VAR n'a pas d'unité, elle permet de comparer des fourrages similaires, lorsque la VAR augmente au-dessus de 100, la qualité augmente, alors qu'une valeur inférieure à 100 indique que la qualité est inférieure.

b- Qualité relative des fourrages (QRF)

La qualité relative des fourrages, en anglais *Relative Feed Quality* (RFQ), est un indice qui a été introduit en 2001 par les américains, et où la digestibilité de la matière sèche (DMS) de la VAR est remplacée par les unités nutritives totales (UNT), en anglais TDN (*Total Digestible Nutrients*), qui expriment le contenu énergétique du fourrage. C'est la somme des protéines digestibles, des glucides digestibles et des graisses digestibles; d'où la conclusion que les unités nutritives totales (UNT ou TDN) sont similaires à l'énergie digestible (Kellems et Church 2010). En général, UNT est fortement corrélé avec la matière sèche digestible (DMS) et l'énergie digestible (ED) (Tylutki et al 2008). Selon Tremblay et al (2002), Jeranyma et Garcia

(2004), Undersander et al (2010) et Kellems et Church (2010), le calcul de QRF se fait comme suit :

$$QRF = (UNT(en \% MS) * CMS (Kg de MS/100Kg de poids vif/Jour))/1,23$$

Avec :

$$UNT \text{ légumineuse} = [(HCNS * 0,98) + (PB * 0,93) + (AG * 0,97 * 2,25) + (NDFn * (NDFD/100))] - 7$$

$$CMS \text{ Légumineuse} = [0.0120 * 1350 / (NDF/100)] + [(NDFD - 45) * 0.374] / (1350 * 100)$$

HCNS: hydrates de carbones non structuraux (%MS)=100-(NDFn + PB + EE + Cendres)

NDFn=NDF sans azote=NDF-NDFPB ou estimé comme étant : NDFn = NDF*0.93

PB : Protéines brutes (%MS)

EE= Extrait éthéré (%MS)

NDFPB=PB liée à la fibre NDF

AG= acides gras (%MS)= extrait éthéré (% MS) -1

NDFD= Digestibilité du NDF mesurée lors d'une incubation *in vitro* de 48H (%NDF)

En absence de valeur NDFD (%NDF) qui est la digestibilité du NDF lors d'une incubation *in vitro* de 48H, l'estimation des UNT (unités nutritives totales) se fera par l'équation de Kellemset Church (2010):

$$TDN (UNT) = 54,3208 + 0,7387 * MAT(\%MS) - 0,2915 * ADF(\%MS)$$

Avec : UNT = unités nutritives totales
MAT= Matières azotées totales (% Matières Sèches)
ADF : Acid Detergent Fiber (% Matières Sèches)

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Composition chimique du *H. flexuosum*

Evolution de la teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche (Tableau 1) évolue dans la plante entière du stade 1 (Mi- stade végétatif) jusqu'au stade 6 (floraison), ce qui est dû au fait que le Sulla connaît un taux de croissance élevé dans la phase de reproduction (Borréani et al 2003). Cette tendance est confortée par l'évolution des différents composants de la plante (tiges et feuilles) qui enregistrent à leur tour une augmentation proportionnelle en matière sèche.

Tableau 2 Evolution de la teneur en matière sèche des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

MS(%)	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	13,88	11,01	12,63	12,96	15,59	18,18
Feuilles	13,55	12,82	17,03	16,68	17,36	22,13
Tiges	8,56	8,30	11,62	12,29	12,29	17, 00

Les taux de matière sèche dosés par Delgado et al(2010) chez la plante entière de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) montrent une différence par rapport à ceux enregistrés sur *H. flexuosum*, 23 vs 12,63 (stade 3), 17,72 vs 15,59 (stade 5) et 14,38 vs 18,18 (stade 6).

La teneur en matière sèche d'un fourrage revêt un intérêt particulier pour l'installation d'un chantier d'ensilage. Selon Slim et Ben Djeddi (2012), la teneur en matière sèche (15-18%) d'*Hédysarum coronarium* récoltée au stade floraison de la première année gêne sa conservation directe par ensilage, c'est pour cela qu'un préfanage de 48 h avec retournement ou éclatement des tiges pour atteindre respectivement 25,5 et 25,6 % de MS, sont nécessaires pour produire un ensilage de qualité.

Evolution de la teneur en matière organique

La composition en constituants organiques d'un aliment ainsi que leur utilisation métabolique par le ruminant sont les atouts pour l'expression de la valeur nutritive (Baumont et al2010a). *H. flexuosum* possède des teneurs en MO moyennes de 86,65 %, 86,60 % et 87,43 % de MS respectivement pour la plante entière, les tiges et les feuilles avec une teneur maximale enregistrée au stade 3 (Tableau 3). Goumiri et Abdelguerfi(1989) ont obtenu un taux moyen de 82,61 % de MO sur deux populations d'*H. flexuosum*, taux inférieur du fait que ces deux populations ont enregistré un taux de matières minérales plus élevé, sachant que MO= 100-MM. Baumont et al(2010b) ont relevé des taux supérieurs de MO pour le sainfoin au premier cycle, 88 vs 87,52 (stade 3), 88,5 vs 86,85 (stade 4), 88,9 vs 86,04 (stade 5) et 89,6 vs 85,81 (stade 6).

Tableau 3 Evolution de la teneur en matière organique des différentes parties morphologiques d'*Hédysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

MO en %MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	87,20	86,57	87,52	86,85	86,04	85,81
Feuilles	89,18	88,18	88,18	86,13	87,48	85,44
Tiges	84,90	85,22	87,52	87,68	87,68	86,63

Evolution de la teneur en matières minérales

Matières minérales totales

Les légumineuses sont généralement beaucoup plus riches en minéraux que les graminées poussant dans des conditions comparables, qu'elles soient tempérées ou tropicales (Suttle 2010). En 1959 déjà, Gueguen a affirmé que le stade de développement et le cycle de végétation influent sur la composition minérale de la plante, non seulement par la variation de la teneur en minéraux de chaque organe de la plante, mais surtout par les modifications des rapports en poids de ces organes entre eux. *H. flexuosum* présente des teneurs en matières minérales pour la plante entière qui varie entre 12,48 pour le stade 3 et 14,20 pour le stade 6 (Tableau 4); valeurs supérieures à celles mesurées par Baumont et al (2010b) sur la luzerne avec une teneur oscillant entre 10,2 et 12,9 mais inférieures au taux moyen dosé par Goumiri et Abdelguerfi (1989) sur deux populations d'*H. flexuosum* récoltées au stade végétatif et qui est de 17,39 %. Concernant les différentes parties de cette légumineuse, on constate des taux plus élevés en minéraux pour les tiges que les feuilles aux stades 1, 2 et 3 (Tableau 4). Par contre, à partir du stade 4, on enregistre une teneur plus élevée au niveau des feuilles.

Tableau 4 Evolution de la teneur en matières minérales des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

MM en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	12,81	13,43	12,48	13,15	13,96	14,20
Feuilles	10,82	11,82	11,82	13,87	12,52	14,56
Tiges	15,10	14,78	12,48	12,32	12,32	13,37

Teneur en calcium et cendres insolubles

Les fourrages sont généralement des sources satisfaisantes de calcium, en particulier lorsqu'ils contiennent des légumineuses, les feuilles contiennent généralement deux fois plus de calcium que les tiges (Bouchet et Gueguen 1981; Suttle 2010). On constate que pour la plante entière d'*Hedysarum flexuosum*, la teneur en calcium (Tableau 5) est maximale au stade fin bourgeonnement (2 % de MS), taux plus élevé que celui dosé sur luzerne par (Baumont et al 2010b) avec 1,16 % de MS. La teneur en calcium de la luzerne varie entre 1,2 à 2,3 % de MS (Kellems et Church 2010).

Tableau 5 Teneur en calcium et cendres insolubles de la plante entière d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

Plante entière	Stade 2	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Ca (% MS)	1,87	2,00	1,40	1,40
Cendres insolubles (% MS)	14,78	12,32	12,32	13,37
Ca : Calcium				

Les cendres insolubles sont constituées de minéraux non assimilés à cause de leur forte insolubilité, c'est surtout de la silice provenant de la contamination des échantillons par de la terre (Blain 2002). La teneur en cendres insolubles des échantillons de la plante entière d'*H. flexuosum* analysés varie de 12,32 à 14,78 % de MS.

Evolution de la teneur en fibres

Cellulose brute

Comme attendu, la teneur en cellulose brute augmente avec les stades végétatifs (Tableau 6). Demarquilly et Jarrige (1981) ont rapporté que la teneur en cellulose brute évolue de manière étroite avec l'âge de la plante. Pour un même stade phénologique, on remarque que la teneur en cellulose brute des feuilles de *H. flexuosum* est inférieure à celle des tiges (Tableau 6), ce qui corrobore les résultats de Demarquilly et Andrieu (1988) où les feuilles de légumineuses sont plus pauvres en parois cellulaires que les tiges. Comparés au taux moyen dosé par Goumiri et Abdelguerfi (1989) qui est de 13,7% pour deux populations d'*H. flexuosum* récoltées le 24/02 et le 07/03, nous remarquons que nos échantillons sont plus riches en CB, avec un minimum pour la plante entière au stade 2; fin du stade végétatif (15,5 %) et un maximum au stade 6 ; floraison (19,87 %).

Tableau 6 Evolution de la teneur en cellulose brute des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

CB en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	18,57	15,50	18,00	18,45	17,40	19,87
Feuilles	16,92	15,19	15,93	16,35	17,09	-
Tiges	26,00	24,09	25,05	26,84	26,84	-

- : valeur non disponible.

Fibres au détergent neutre (Parois cellulaires ou NDF)

C'est la fraction insoluble dans un réactif détergent neutre et qui correspond à la somme des hémicelluloses, cellulose vraie et lignine. Au cours d'un cycle de pousse, la teneur en parois végétales augmente avec la croissance de la plante (Baumont et al 2008).

Les légumineuses sont plus pauvres en glucides solubles et en parois végétales totales (NDF, Baumont et al 2016). Les tiges avec un taux maximal de 54,76 % de NDF enregistré aux stades 4 et 5 sont plus riches que les feuilles qui ont dosé pour ces deux stades 45,76 (Tableau 7), ce qui est en relation avec le type de tissus constituant ces deux parties de la légumineuse.

Tableau 7 Evolution de la teneur en NDF des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques.

NDF en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	47,31	44,55	46,80	47,21	46,26	48,48
Feuilles	45,83	44,27	44,94	45,32	45,98	-
Tiges	54,00	52,28	53,15	54,76	54,76	-

- : valeur non disponible.

Les fibres au détergent neutre dosées par Delgado et al(2010) chez les feuilles d'*Onobrychis viciifolia*, montrent que, pour les mêmes stades phénologiques, *H. flexuosum* est plus riche: au stade 3 : 44,94 vs 33,66, au stade 5 : 45,98 vs 29,94. Dans le cas des tiges, 47,89 vs 53,15(stade 3) et 45,46 vs 54,76 (stade 5)

Fibre au détergent acide (Lignocellulose ou ADF)

C'est la fraction insoluble dans un réactif détergent acide et correspond à la somme cellulose vraie et lignine. La teneur en ADF augmente avec l'âge de la plante et ce pour toutes les parties d'*H. flexuosum*. Notons tout de même que les tiges présentent les taux les plus élevés (Tableau 8) avec des écarts assez importants par rapport aux feuilles variant entre 10,92 à 12,87 % d'ADF en % de MS. Jarrige et al (1995) attribuent la richesse des tiges en fibres aux tissus de soutien et de conduction à parois épaisses et lignifiées contenus dans les tiges.

Tableau 8 Evolution de la teneur en ADF des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques.

ADF en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	30,09	26,32	29,39	29,94	28,65	31,68
Feuilles	28,06	28,06	25,94	26,85	27,36	-
Tiges	39,20	39,20	36,86	38,04	40,23	-

- : valeur non disponible.

Delgado et al (2010) ont rapporté les teneurs en ADF pour la plante entière, feuilles et tiges d'*Onobrychis viciifolia*, qui sont respectivement 27,17 -22,08- 34,76 pour le stade 3 et 30,16- 21,04 – 33,12 pour le stade 5. On constate que pour le stade 3 *H. flexuosum* est supérieur de 2 % et pour toute les parties de la plante et de 2 à 7 % pour le stade 5.

Il existe une relation étroite entre les fibres totales (NDF) et la lignocellulose (ADF), puisque NDF est la somme d'ADF et des hémicelluloses. Robinson (2005) a évalué cette relation pour la plante entière de luzerne et a pu déterminer l'équation de détermination $NDF_{luzerne} = 1,06 (ADF_{luzerne}) + 6,54$ avec un $R^2 = 0,83$. Pour la plante entière d'*H. flexuosum*, nous avons obtenu une droite de régression entre NDF et ADF (figures 2) avec un $R^2 = 1$. Ceci nous renseigne sur la qualité des analyses des échantillons ($R^2=1$) et leurs intérêts pour l'estimation d'ADF en fonction de NDF et vice-versa.

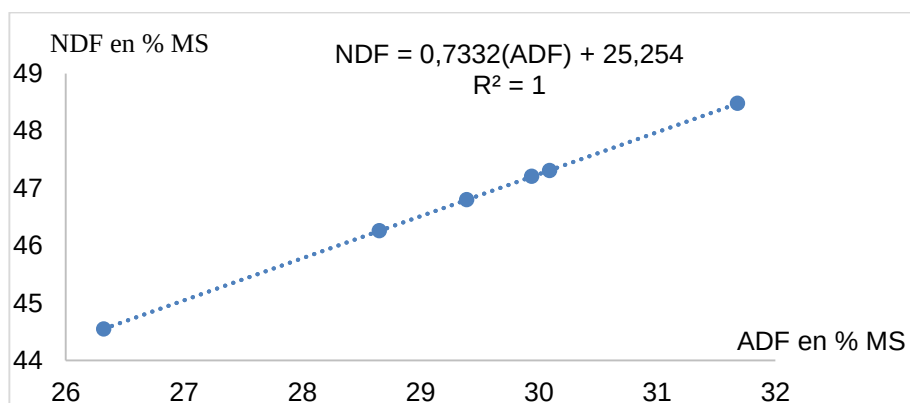


Figure 2. Relation entre NDF et ADF chez la plante entière d'*Hedysarum flexuosum*

Evolution de la teneur en matières azotées totales

La teneur en Matières azotées totales augmente du stade 1 jusqu'au stade 6 où l'on a enregistré la teneur maximale qui est de 22,50 % pour la plante entière. Le taux de matières azotées totales pour la plante entière varie de 16,40 à 22,5 % de MS, supérieur à la moyenne de MAT enregistré par Goumiri et Abdelguerfi (1989) qui est de 14,91 %. En comparant la teneur en MAT pour les stades 1 et 2 pour les feuilles et les tiges (Tableau 9), on remarque que le taux est plus important pour les feuilles (17,5 et 18,0) que pour les tiges (12,77 et 12,45) respectivement et ce du fait que les feuilles, siège de la photosynthèse, sont les organes les plus riches en protéines et autres substances nutritives (Jarrige et al 1995). Aussi, sur la plante entière de sainfoin, Delgado et al. (2010) ont rapporté des taux matières azotées totales de 19,78 % MS au stade 3 contre 16,40 pour *H. flexuosum* ; 18,21 vs 20,80 au stade 5 puis 19,72 vs 22,50 au stade 6.

Tableau 9 Evolution de la teneur en matières azotées totales des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

MAT en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	18,37	19,33	16,40	16,72	20,80	22,50
Feuilles	17,5	18	17,82	17,5	-	-
Tiges	12,77	12,45	-	-	-	-

- : valeur non disponible.

D'après Demarquilly et Andrieu (1988), les feuilles de légumineuses sont beaucoup plus riches en constituants intracellulaires, notamment en matières azotées, que les tiges et que cet écart s'intensifie au cours du temps car la composition des feuilles de légumineuses évolue légèrement, tandis que pour les tiges la teneur en constituants intracellulaires diminue considérablement. Les protéines des légumineuses sont riches en lysines et pauvres en méthionine et cystine (Sauvant2005) ce qui est confirmé par les valeurs de ces acides aminés répertoriées dans le Tableau 10.

Tableau 10 Teneur en différents acides aminés (en g/100g MS) de la plante entière d'*Hedysarum flexuosum* aux stades bourgeonnement et début floraison comparée à *Medicago sativa*

	Arginine	Cystine	Leucine	Lysine	Méthionine	Thréonine	Tyrosine
<i>Hedysarum flexuosum</i>							
Stade bourgeonnement	1,05	0,15	1,61	0,91	0,35	0,88	0,74
Stade floraison	0,60	0,16	0,85	0,60	0,18	0,57	0,39
<i>Medicago sativa</i> (Homolka et al, 2008)							
Stade bourgeonnement	0,97	0,20	0,53	1,01	0,22	0,59	0,43
Stade floraison	1,02	0,19	0,83	0,79	0,20	0,51	0,53

Il est à noter que les teneurs en acides aminés d'*H. flexuosum*, surtout au stade bourgeonnement, sont au même niveau, voire meilleurs pour certains cas, que celles de la luzerne (*Medicago sativa*) (Tableau 10).

Evolution de la teneur en matières grasses

La teneur en matières grasses totales (extrait éthéré ou MG) du fourrage varie fortement avec la composition botanique et le stade de développement des plantes (Baumont et al 2011). La teneur en matières grasses de la luzerne (Baumont et al 2010b) est supérieure à celle dosée chez d'*H. flexuosum* plante entière (Tableau 11) pour les stades phénologiques 1, 2, 3 et 4 (3,6 vs 1,73 pour le stade 1 ; 3,2 vs 2,00 pour le stade 2 ; 3 vs 2,06 pour le stade 3 et 2,8 vs 2,63 pour le stade 4) tandis que pour les stades 5 et 6 c'est *H. flexuosum* qui enregistre une teneur plus importante (2,5 vs 2,85 pour le stade 5 et 2,3 vs 2,97 pour le stade 6).

Tableau 11 Evolution de la teneur en matières grasse de la plante entière et des feuilles d'*Hedysarum flexuosum* selon les stades phénologiques.

MG en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	1,73	2,00	2,06	2,63	2,85	2,97
Feuilles	3,6	4,55	4,06	4,35	4,8	4,19

Valeur nutritive d'*Hedysarum flexuosum*

La valeur nutritive est fonction des espèces fourragères (Kiraz 2011) mais aussi du stade phénologique. Kramberger et Klemencic (2003) ont démontré que la valeur nutritive dépend du stade phénologique, du stade de croissance, de la saison de récolte et de l'année, ce qui concorde avec les constatations de Bal et al (2006) pour qui la récolte du sainfoin à un stade précoce offre plus de matière sèche et d'énergie métabolisable. Dans le cas de la luzerne, Karayilanli et Ayhan (2015) ont relevé que le meilleur stade de récolte est le début floraison.

Système UF et PDI

Valeurs énergétiques (UFL et UFV)

Les valeurs énergétiques d'*Hedysarum flexuosum* (Tableau 12) estimées dans pour la plante entière sont très intéressantes. On enregistre 0,97 UFL et 0,91 UFV pour le stade 1, presque identiques à celles estimées par Baumont et al (2010b) pour la luzerne au même stade (0,96 UFL et 0,92 UFV). Pour les autres stades, on note que les apports énergétiques d'*H. flexuosum* sont meilleurs que ceux estimés par Baumont et al (2010) pour la luzerne (UFL stade 2 : 1,03 vs 0,88 ; UFV stade 2 : 0,98 vs 0,82 ; UFL stade 3 : 0,98 vs 0,83 ; UFV stade 3 : 0,93 vs 0,75 ; UFL stade 4 : 0,97 vs 0,77 ; UFV stade 4 : 0,91 vs 0,69 ; UFL stade 5 : 0,99 vs 0,73 ; UFV stade 5 : 0,93 vs 0,65 ; UFL stade 6 : 0,94 vs 0,69 ; UFV stade 6 : 0,87 vs 0,59).

On remarque aussi que les feuilles sont plus énergétiques que les tiges et ceux de par leurs composition chimique (Tableau 12). Les stades phénologiques 2 (Fin stade végétatif) et 3 (début bourgeonnement) pour la plante entière d'*H. flexuosum* apportent le maximum de valeur énergétique ce qui corrobore les constatations de Demarquilly et Andrieu (1988).

Tableau 12 Valeur énergétique de la plante entière, tiges et feuilles d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques

UF (/kg MS)	Plante entière		Feuilles		Tiges	
Stades	UFL	UFV	UFL	UFV	UFL	UFV
Stade 1	0,97	0,91	1,01	0,96	0,81	0,73
Stade 2	1,03	0,98	1,05	1,00	0,85	0,77
Stade 3	0,98	0,93	1,03	0,98	-	-
Stade 4	0,97	0,91	1,01	0,98	-	-
Stade 5	0,99	0,93	-	-	-	-
Stade 6	0,94	0,87	-	-	-	-

UFL : unité fourragère lait ; UFV : unité fourragère viande ; - : Valeur non disponible

Valeurs Azotées (PDIE et PDIN)

Les apports en PDIE et PDIN de la plante entière d'*H. flexuosum* (Tableau 13) présentent pour chaque stade phénologique un écart de 8 à 11 g, donc elle peut être considérée comme un fourrage équilibré ce qui favorise une synthèse optimale des protéines microbiennes ainsi qu'une digestibilité satisfaisante de la ration (Agabriel et al 2010).

En comparant les valeurs nutritives azotées d'*H. flexuosum* avec celles de la luzerne estimée par Baumont et al (2010b), on remarque que cette dernière est plus riche en PDIN (159 vs 115 : stade 1 ; 145 vs 121 au stade 2 ; 132 vs 103 au stade 3 et 123 vs 105 au stade 4). La tendance s'inverse pour les stades 5 et 6 où *H. flexuosum* enregistre les meilleures valeurs : 131 vs 114 et 141 vs 107 respectivement.

Tableau 13 Valeur Azotée de la plante entière, tiges et feuilles d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques.

Stades	PDI (g/kg MS)		Plante entière		Feuilles		Tiges	
	PDIE	PDIN	PDIE	PDIN	PDIE	PDIN	PDIE	PDIN
Stade 1	105	115	101	110	80	80		
Stade 2	111	121	104	113	78	78		
Stade 3	95	103	103	112	-	-		
Stade 4	97	105	101	110	-	-		
Stade 5	120	131	-	-	-	-		
Stade 6	130	141	-	-	-	-		

PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie ;

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote ; - : Valeur non disponible

S'agissant des PDIE, *H. flexuosum* enregistre des valeurs plus élevées que celles notées par Baumont et al (2010b) chez la luzerne pour tous les stades phénologiques : 105 vs 100 ; 111 vs 94 ; 95 vs 90 ; 96 vs 86 ; 120 vs 83 et 130 vs 80 respectivement du stade 1 au stade 6. La valeur azotée diminue avec l'âge de la plante, au fur et à mesure que la teneur en matières azotées diminue (Baumont et al 2008), ce qui est vérifié pour *H. flexuosum* du stade 1 jusqu'au stade 3. Les feuilles présentent des valeurs nutritives azotées supérieures de 21 g de PDIE et 30 g de PDIN pour le stade 1 et de 26g de PDIE et 35g de PDIN pour le stade 2.

Le système Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)

Valeur alimentaire relative (VAR)

La valeur minimale de la VAR pour la plante entière est enregistrée au stade 6 (Tableau 14) alors que la valeur maximale qui est de 142,82 est atteinte au stade 2. On note également que les feuilles présentent des valeurs alimentaires relatives supérieures que celles des tiges.

Tableau 14 Valeurs alimentaires relatives d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques

	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	128,71	142,82	131,20	129,23	133,89	123,22
Feuilles	136,08	140,87	142,20	139,56	136,73	-
Tiges	100,54	103,84	105,35	100,69	97,78	-

- : Valeur non disponible

Pour la luzerne, Kellems et Church (2010) ont signalé la valeur de 164 au stade début bourgeonnement et 152 au stade bourgeonnement, valeurs légèrement supérieures à celles enregistrées par *H. flexuosum* pour les mêmes stades 142,82 et 131,20. Par contre, comparés aux résultats enregistrés sur la luzerne par Karayilanli et Ayhan (2015), on constate que *H. flexuosum* fournit la même valeur VAR au stade 3 (bourgeonnement), et de meilleures valeurs au stade 5 (début floraison) et stade 6 (pleine floraison), 133,89 vs 122 et 123,22 vs 111 respectivement. Selon Rohweder et al (1978), le standard de qualité des fourrages proposé par l'AFGC (Tableau 15) tient compte d'autres facteurs comme la concentration en protéines brutes (PB ou MAT) et d'autres critères tel la couleur, l'absence ou la présence de mauvaises herbes,

de moisissure ou de corps étranger (Tremblay et al 2002). Ceci a été confirmé par Garcia (2017) expliquant que des vaches se comportent parfois différemment même lorsqu'elles sont nourries avec des fourrages de VAR identiques, les variations de la digestibilité de la fraction NDF peuvent probablement expliquer ces différences.

Tableau 15 Standard de qualité d'un fourrage de graminées, de légumineuses ou de leurs mélanges (Rohweder et al (1978)

Standard de qualité	PB	ADF	NDF	DMS	CMS	VAR
	en % de MS				En %PV/jour	
Excellent	> 19	< 31	< 40	> 65	>3,0	>151
1	17-19	31-35	40-46	62-65	2,6-3,0	125-151
2	14-16	36-40	47-53	58-61	2,3-2,5	103-124
3	11-13	41-42	54-60	56-57	2,0-2,2	87-102
4	8-10	43-45	61-65	53-55	1,8-1,9	75-86
5	< 8	> 45	>65	> 53	< 1,8	<75

PB= Protéines Brutes ; ADF= Fibre au Détergent Acide ; NDF= Fibres au Détergent Neutre; DMS= Digestibilité de Matières Sèches ; CMS= Consommation de Matières Sèches ; VAR=Valeur Alimentaire Relative.

En appliquant ces critères de l'AFGC (Tableau 15) pour la détermination de la qualité fourragère de la plante entière d'*H. flexuosum*, il en ressort (Tableau 16) qu'à tous les stades phénologiques, cette légumineuse fournit un fourrage de très bonne qualité classé 1.

Tableau16.Qualité du fourrage de la plante entière d'*H.flexuosum* selon les critères de l'American Forage and Grassland Council (AFGC)

Stades phénologiques	PB	ADF	NDF	DMS	CMS	VAR	Classement selon standard de qualité
	En % de MS				En %PV/jour		
1	18,37	30,09	47,31	65,46	2,54	128,71	1
2	19,33	26,32	44,55	68,40	2,69	142,82	1
3	16,40	29,39	46,80	66,01	2,56	131,20	1
4	16,72	29,94	47,21	65,58	2,54	129,23	1
5	20,80	28,65	46,26	66,58	2,59	133,89	1
6	22,50	31,68	48,48	64,22	2,48	123,22	1

PB= Protéines Brutes ; ADF= Fibre au Détergent Acide ; NDF= Fibres au Détergent Neutre ; DMS= Digestibilité de Matières Sèches ; CMS= Consommation de Matières Sèches ; VAR=Valeur Alimentaire Relative.

Concernant la digestibilité de la matière sèche pour les stades 3, 4 et 6 Karayilanli et Ayhan (2015) ont enregistré pour la luzerne respectivement 63,36- 61,58 et 59,60 qui sont inférieures à celles d'*H. flexuosum* aux mêmes stades à savoir 66,01-66,58 et 64,22. Pour la CMS, ces auteurs ont relevé un taux légèrement supérieur pour le stade 3 que *H. flexuosum* 2,69 vs 2,56; en revanche pour les stades 5 et 6 c'est *H. flexuosum* qui enregistre des CMS légèrement plus importantes -2,59 vs 2,55 et 2,48 vs 2,39.

Qualité relative des fourrages (QRF)

Selon Undersander et al (2010), lorsque la Valeur Alimentaire Relative (VAR ou RFV en anglais) et Qualité relative des fourrages (QRF ou RFQ en anglais) sont différents, la QRF est la meilleure valeur à utiliser, puisque la qualité relative du fourrage reflète plus fidèlement la qualité du fourrage que les mesures de la valeur alimentaire relative et devrait être utilisée pour déterminer la date de récolte des fourrages et la catégorie d'animaux à nourrir.

Le calcul de QRF passe d'abord par la détermination des unités nutritives totales (UNT ou TDN en anglais), le tableau 17 renseigne les valeurs des unités nutritives totales de la plante entière, tiges et feuilles d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques. Selon Kellems et Church (2010), la valeur de référence des UNT est de 58,7%, on remarque que les valeurs nutritives totales de la plante entière d'*H. flexuosum* sont supérieures de 0,42 ; 2,23 ; 1,17 ; 2,63 et 3,01 % de MS respectivement pour les stades 1, 2, 4, 5 et 6 et inférieure de 0,76 % pour le stade 3.

Tableau 17 Teneurs en unités nutritives totales de la plante entière, tiges et feuilles d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques

	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	59,12	60,93	57,94	57,94	61,33	61,71
Feuilles	59,07	59,44	59,92	59,42	-	-
Tiges	52,33	52,09	-	-	-	-

-: Valeur non disponible

La valeur des unités nutritives totales de la luzerne en début floraison est de 60 % (Kellems et Church 2010), pour le même stade *H. flexuosum* assure 61,33 %, donc supérieure de 1,33 %.

Tableau 18. Qualité relative des fourrages de la plante entière, tiges et feuilles d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques

RFQ	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	121,91	133,43	120,64	119,76	129,35	124,17
Feuilles	125,75	130,98	130,10	127,93	-	-
Tiges	94,54	97,20	-	-	-	-

- : Valeur non disponible

Les valeurs calculées de la qualité des fourrages de la plante entière d'*H. flexuosum* (Tableau 18) varient de 119,76 au stade 4 à 133,43 pour le stade 2. Il ressort que le stade 2 (fin du stade végétatif) apporte le maximum de QRF. Notons aussi l'écart enregistré entre les feuilles et les tiges 125,75 vs 94,54 pour le stade 1 et 130,98 vs 97,20 pour le stade 2.

CONCLUSION

- *Hedysarum flexuosum*, légumineuse fourragère spontanée, utilisée en alimentation des ruminants dans le centre nord algérien, est une très bonne source d'énergie et de protéines.
- Les apports de la plante entière sont de 0,94 à 1,03 UFL, 0,87 à 0,98 UFV, 95 à 130 g de PDIE, 103 à 141 g de PDIN,
- La valeur alimentaire relative (variant de 123,22 à 142,82 et la qualité relative estimée entre 119,76 à 133,43 confirment la très bonne qualité d'*H. flexuosum*.
- En termes de valeur nutritive, *Hedysarum flexuosum* devrait être récoltée ou pâturée au stade bourgeonnement, au plus tard début floraison.
- Il convient d'explorer le potentiel bioactif de cette légumineuse fourragère comme ses propriétés anthelminthiques, permettrait un moindre dégagement de CH₄, ...etc
- Il serait utile de confirmer ces résultats par les méthodes dites lourdes notamment la méthode *in vivo*

Remerciements :

Les auteurs remercient vivement Guermah H, Djellal F, Belmihoub F, Djerrah F, Derrar S, Ait Aoudia M et Atek S pour leur contribution à la constitution de la base de données sur *Hedysarum flexuosum*.

Références

Abdelguerfi A et Laouar M 1999 Autoécologie et variabilité de quelques légumineuses d'intérêt fourrager et/ou pastoral. Possibilité de valorisation en région méditerranéenne. Pastagens e Forragens, 20; 81-112.

Abdelguerfi-Berrekia R, Abdelguerfi A, Bounaga N et Guittonneau G G 1988 Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *hedysarum* en Algérie 1. Etude autoécologique Ann.Inst.Nat.Agro. El-Harrach, Tl,P191
https://www.researchgate.net/publication/308246939_Repartition_des_especes_spontanees_du_genre_Hedysarum_L_en_Algerie_en_relation_avec_certains_facteurs_du_milieu

Abdelguerfi-Berrekia R, Abdelguerfi A, Bounaga N et Guittonneau G G 1991 Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum* selon certains facteurs du milieu en Algérie. Fourrages, 126 : 187-207.
<http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=1039&statut=0>

Agabriel J, Pomiès D, Nozières M O et Faverdin P 2010 Principe de rationnement des ruminants. IN Agabriel J, Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA, Paris; 9-22.

Allen VG, Batello C, Berretta E J, Hodgson J, Kothmann M, Li X, McIvor J, Milne J, Morris C, Peeters A and Sanderson M 2011 An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and Forage Science, 66;2-28.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>

Andrée A, Leboeuf A, Lemieux Ch et Landry S 2015 L'utilisation des tanins dans l'alimentation des ovins pour prévenir le parasitisme. Revue de littérature, Québec.
[blob:https://www.agrireseau.net/1faaff5e-5d94-456c-adbf-50fc1b75a38b](https://www.agrireseau.net/1faaff5e-5d94-456c-adbf-50fc1b75a38b)

- Aufrère J, Theodoridou K et Baumont R 2013** Valeur agronomique et alimentaire du sainfoin. Fourrages 213, 63-75 ..<http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=1946&statut=0>
- Bal M A, Ozturc D, Aydin R, Erol A, Ozkan C O, Ata M, Karakas E and Karabay P 2006** Nutritive value of sainfoin *Onobrychis viciaefolia* harvested at different maturity stages. *Pak. J. Biol. Sci*, 9(2), 205-209. <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2006/205-209.pdf>
- Baumont R, Arrigo Y et Niderkorn V 2011** Transformation des plantes au cours de leur conservation et conséquences sur leur valeur pour les ruminants. Fourrages, 205 ; 35-46.<http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=1828&statut=0>
- Baumont R, Aufrère J et Meschy F 2009** La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de cultures, de récolte et de conservation. Fourrages, 198 ; 153-173.<http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=1740&statut=0>
- Baumont R, Aufrère J, Niderkorn V, Andueza D, Surault F, Peccatte J R, Delaby L et Pelletier P 2008** La diversité spécifique dans le fourrage : conséquences sur la valeur alimentaire. Fourrages, 194 ; 189-206.<http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=1699&statut=0>
- Baumont R, Bastien D, Féraud A, Maxin G et Niderkorn V 2016** Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants. Fourrages, 227 ; 171-180.<http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=2090&statut=0>
- Baumont R, Champciaux P, Agabriel J, Andrieu J, Aufrère J, Michalet-Doreau B et Demarquilly C 1999** Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrévAlim pour INRAtion. *INRA Prod. Anim.*, 12(3) ; 183-194.https://www6.inra.fr/productions-animales/content/download/4185/42982/version/1/file/Prod_Anim_1999_12_3_02.pdf
- Baumont R, Dulphy J P, Sauvant D, Meschy F, Aufrère J et Peyraud J L 2010a** Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières: tables et prévision. *IN Agabriel J. Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Ed. INRA, Paris ; 153-183.
- Baumont R, Dulphy J P, Sauvant D, Tran G, Meschy F, Aufrère J, Peyraud J L et Champciaux P 2010b.** Les tables de la valeur des aliments. *IN Agabriel J. Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Ed. INRA, Paris; 185-279.
- Ben Fadhel N, Boussaid M et Manakchi M 1997** Variabilité morphologique et isoenzymatique de populations naturelles maghrébines d'*Hedysarum flexuosum* L. *Al Awamia*, 96 ; 77-90.<https://www.inra.org.ma/sites/default/files/09609.pdf>
- Blas E, Fernández-Carmona J, Cervera C and Pascual J J 2000** Nutritive value of coarse and fine wheat brans for rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 88; 239–251.
- Boisdon I, Capitaine M, Dulphy J P, Andanson L et Agabriel C 2009** La valeur nutritive des fourrages n'est pas liée au mode de conduite, biologique ou conventionnel des exploitations agricoles. Fourrages, 199; 389-392.<http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=1754&statut=0>
- Bonanno A, Miceli G, Di Grigoli A, Di Frenda A S, Tornambe G, Giambalvo D and Amato G 2010** Effects of feeding green forage of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) on lamb growth and carcass and meat quality. *Animal*, 5(1); 148–154. https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/49F364E8AA0C98A9E7AC45695DDD8C27/S1751731110001576a.pdf/effects_of_feeding_green_forage_of_sulla_hedysarum_coronarium_l_on_lamb_growth_and_carcass_and_meat_quality.pdf
- Borreani G, Tabacco E, Cavallarin L, Peiretti PG, Re GA, Roggero PP, Sargenti P and Sulas L 2000** Quantifying morphological stage to improve crop management and enhance

yield and quality of sulla and Lucerne. Cahiers Options Méditerranéennes; n. 45, 195-198. <http://om.ciheam.org/om/pdf/c45/00600195.pdf>

Borreani G, Roggero PP, Sulas L and Valente ME 2003 Quantifying Morphological Stages to Predict the Nutritive Value in Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). Agronomy Journal, 95(6), 1608-1617.

https://www.researchgate.net/publication/33681006_Quantifying_Morphological_Stage_to_Predict_the_Nutritive_Value_in_Sulla_Hedysarum_coronarium_L

Bouchet et Gueguen 1981 Constituants minéraux majeurs des fourrages et des aliments concentrés. IN Demarquilly C, Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, INRA. ; 189-202.

Choi B H and Ohashi H 2003 Generic criteria and an infrageneric system for *Hedysarum* and related genera (Papilionoideae-Leguminosae). Taxon, 52; 567–576.

Delaby L, Pavie J, McCarthy B, Comeron E A et Peyraud JL 2016 Les légumineuses fourragères, indispensables à l'élevage de demain. Fourrages, 226 ; 77-86. <http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=2078&statut=0>

Delgado I, Muñoz F and Demdoun S 2010 Evolution of the feeding value of sainfoin as affected by the phenological development. Options Méditerranéennes, série A no. 92, 193-197 <http://om.ciheam.org/om/pdf/a92/00801241.pdf>

Demarquilly C, Dulphy JP et Andrieu J P 1998 Valeurs nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation : foin, ensilage, enrubannage. Fourrages, 155 ; 349-369. <http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=1315&statut=0>

Demarquilly C, Grenet E et Andrieu J 1981 Les constituants azotés des fourrages et la prévision de la valeur azotée des fourrages. IN Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, INRA ; 129-154.

Duru M 2016 Les légumineuses « en action » : une lecture sociotechnique des enjeux et des verrous. Fourrages, 227 ; 223-231. <http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=2096&statut=0>

Farruggia A, Martin B, Baumont R, Prache S, Doreau M, Hoste H et Durand D 2008 Quels intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux ? INRA. Prod. anim., 21.181-200. https://www6.inra.fr/productions-animales/content/download/3324/33771/version/1/file/Prod_Anim_2008_21_2_04.pdf

Fox D G, Tedeschia L O, Tylutkia T P, Russellb J B, Van Amburgha M E, Chasea L E, Pella A N and Overtona T R 2004 The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. Animal Feed Science and Technology, 112; 29–78.

Jeranyama P and Garcia A D 2004 Understanding Relative Feed Value (RFV) and Relative Forage Quality (RFQ). College of Agricultural & Biological Sciences/ South Dakota State University/ USDA.. http://openprairie.sdstate.edu/extension_extra/352

Garcia A 2017 Hay Analysis: Understanding Relative Feed Value and Relative Feed Quality. iGrow, South Dakota State University. 3p.

Groom A 2012 *Hedysarum flexuosum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012: e.T19892375A20077821. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T19892375A20077821.en> Downloaded on 11 January 2019.

Gueguen L 1959 Etude de la composition minérale de quelques espèces fourragères : influence du stade de développement et du cycle de végétation. *Annales de Zootechnie*, 8, 3, 245-268. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886710/document>

Guerin H, Richard D, Lefevre P, Friot D et Mbaye N 1989 Prévision de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. Actes du XVIème Congrès International des Herbages, Nice, France, 2 ; 879-80.

Goumiri R et Abdelguerfi A 1989 Contribution à l'étude des espèces spontanées de la tribu Hédysarées en Algérie : Analyses chimiques du fourrage au stade végétatif. *Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach*, 13(2) ; 558- 567.

<http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1230/1/ia00p425.pdf>

Henneberg et Stohmann, 1860 cités par **Sauvant et Nozière(2013)**.

Hoste H, Brunet S, Paolini V, Bahuaud D, Chauveau S, Fouraste I and Lefrileux Y 2009 Compared in vitro anthelmintic effects of eight tannin-rich plants browsed by goats in the southern part of France. *Options Méditerranéennes, A / no. 85. Nutritional and foraging ecology of sheep and goats*. <http://gerdaal.ifrance.com/geraal/Olive/ressourcesfourragers/bilanfourrager200>

Hoste H, Torres Acosta F, Sotiraki S, Houzangbe Adote S, Kabore A, Costa Jr L, Louvandini H, Gaudin E et Mueller Harvey I 2018 Des plantes contenant des tannins condensés : un modèle d'aliment pour gérer les vers parasites en élevages des petits ruminants. *Innov. Agrono*, 66 ; 19-29. <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/6434/47664/file/Vol66-3-Hoste%20et%20al.pdf>

Homolka P, Koukolová V, Nemec Z, Mudrik Z, Hucko B and Sales J 2008 Amino acid contents and intestinal digestibility of lucerne in ruminants as influenced by growth stage. *Czech Journal of Animal Science*, 53(12); 499-505. <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/02932.pdf>

Houmani M 1999 Situation alimentaire du bétail en Algérie. *Recherches Agronomiques*, 4 ; 35-45.

Huyghe C 2003 Les fourrages et la production de protéines. *Fourrages*, 174 ; 145-162. <http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=1483&statut=0>

Issolah R 2008 Les fourrages en Algérie : Situation et perspectives de développement et d'amélioration. *Recherches Agronomiques*, 22; 34-47.

Issolah R and Beloued A 2005 The fodder legumes in Algeria: distribution, endemism and utilization. In: Proceedings of the International Conference on "Promoting community-driven conservation and sustainable use of dryland agro biodiversity", ICARDA, Aleppo, Syria, 18-21 April 2005. Amri A and Damania A (Eds.), 71-76. https://apps.icarda.org/wsInternet/wsInternet.aspx/DownloadFileToLocal?filePath=Proceedings/Proceedings_of_Promoting.pdf&fileName=Proceedings_of_Promoting.pdf

Issolah R, Benhizia H and Khalfallah N 2006 Karyotype variation within some natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(8); 1653. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-005-5287-5>

Jarrige R, Grenet E, Demarquilly C et Besle J M 1995 Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. In: R. Jarrige (Editeur), Y. Ruckebush (Editeur), C. Demarquilly (Editeur), M.H. Farce (Editeur), M. Journet (Editeur), *Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion* (p. 25-81). *Mieux Comprendre*, 10. Paris, FRA : INRA Editions.

Jean-Blain C 2002 Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Edition tec&doc, Paris, 424 p.

Julier B et Huyghe C 2010. Quelles légumineuses fourragères (espèces et variétés) et quelles conduites pour améliorer l'autonomie protéique des élevages herbivores ? Innovations Agronomiques, 11; 101-114.<https://www6.inra.fr/ciag/content/download/3394/34818/file/Ciag11-7-Julier.pdf>

Kadi S A, Belaidi-Gater N, Oudai H, Bannelier C, Berchiche M and Gidenne T 2012 Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. In Proc. 10th World Rabbit Congress, 2012 September, Sharm El-Sheikh, Egypt, 507-511. <https://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2012-Egypt/Papers/03-Nutrition/N-Kadi-01.pdf>

Kadi S A et Djellal F 2009 Autonomie alimentaire des exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. Livestock Research for Rural Development. Volume 21, Article #227. Retrieved June 20, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/12/kadi21227.htm>

Kadi S A, Djellal F et Berchiche M 2007 Caractérisation de la conduite alimentaire des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. Livestock Research for Rural Development. Volume 19, Article #51, <http://www.lrrd.org/lrrd19/4/kadi19051.htm>

Kadi SA, Guermah H, Bannelier C, Berchiche M and Gidenne T 2011 Nutritive value of sun-dried sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and its effect on performance and carcass. World Rabbit Sci., 19; 151 – 159. <https://www.polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/848/931>

Kadi SA, Guermah H, Mouhous A, Djellal F and, Berchiche M 2015. Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*): an not well-known forage legume of the Mediterranean coast. Actas AEL nr. 6. EUCARPIA International Symposium on Protein Crops, V Meeting AEL, Pontevedra, Spain, May 4-7 2015, 127-128. https://www.researchgate.net/profile/Si_Ammar_Kadi/publication/280714058_Sulla_flexuosa_Hedysarum_flexuosum_an_not_well-known_forage_legume_of_the_Mediterranean_coast/links/55c20a4d08aeb975673e3509/Sulla-flexuosa-Hedysarum-flexuosum-an-not-well-known-forage-legume-of-the-Mediterranean-coast.pdf

Kadi SA, Mouhous A, Djellal F and Gidenne T 2017a Replacement of barley grains and dehydrated alfalfa by Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in fattening rabbits diet. J. Fundam. Appl. Sci., 9(1), 13-22. <http://www.jfas.info/index.php/jfas/article/download/819/897>

Kadi S A, Mouhous A, Djellal F, Senhadji Y, Tiguem T and Gidenne T 2017b Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #086. <http://www.lrrd.org/lrrd29/5/kadi29086.html>

Kadi S A et Zirmi-Zembri N 2016 Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 2- Les arbres et arbustes fourragers. Livestock Research for Rural Development. Volume 28, Article #146. <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/kadi28146.html>

Kalu BA and Fick GW 1981 Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. Crop Sci., 21:267-271.

Karayilanli E and Ayhan V 2015 Investigation of feed value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) harvested at different maturity stages. Legume Research, 248;1-11. <https://arccjournals.com/uploads/articles/14LR248.pdf>

Kellems RO and Church DC 2010 Livestock feeds and feeding. Sixth edition 711p.

Kiraz AB 2011 Determination of relative feed value of some legume hays harvested at flowering stage. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 6 (5); 525-530. <https://scialert.net/qredirect.php?doi=ajava.2011.525.530&linkid=pdf>

Kramberger B and Klemencic S 2003 Effect of harvest date on the chemical composition and nutritive value of *Cerastium holosteoides*. Blackwell Publishing Ltd. Grass and Forage Science, 58. 12–16

Le Houérou H N 2001 Unconventional Forage Legumes for Rehabilitation of Arid and Semiarid Lands in World Isoclimatic Mediterranean Zones. Arid Land Research and Management, 15(3); 185-202.

Liu PL, Wen J, Duan L, Arslan E, Ertuğrul Kand Chang ZY 2017 *Hedysarum* L. (Fabaceae: Hedysareae) Is Not Monophyletic – Evidence from Phylogenetic Analyses Based on Five Nuclear and Five Plastid Sequences. PLoS ONE 12(1): e0170596. <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0170596&type=printable>

Maxim G 2015 Quels sont les besoins de recherche sur la valeur des fourrages pour les ruminants ? Analyse d'avis d'experts. Fourrages, 221; 69-76. <http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=2036&statut=0>

Moore J E and Undersander D 2002 Relative Forage Quality: An Alternative to Relative Feed Value and Quality Index. IN Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 16-32. <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2002/moore.pdf>

Mouhous A, Kadi S A, Belaid L et Djellal F 2017 Complémentation de l'aliment commercial par du fourrage vert de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour réduire les charges alimentaires d'élevages de lapins en engraissement. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #116*. Retrieved January 7, 2019, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/6/mouh29116.html>

Nozière MO, Dulphy J P, Pyraud J L, Poncet C et Baumont R 2007 La valeur azotée des fourrages. Nouvelles estimations de la dégradabilité des protéines dans le rumen et de la digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin grêle : conséquences sur les valeurs PDI. INRA.Prod. Anim, 20 (2) ; 109-118. <https://prodinra.inra.fr/ft?id={C2395F4F-C203-4194-9765-64D0EA2EA6AE}&original=true>

Paolini V, Dorchie Ph et Anthanasladou S 2002 Effets des tannins condensés et des plantes à tanins sur le parasitisme gastro-intestinal par les nématodes chez la chèvre. *Renc. Rech. Ruminants*, 9, 411-414. http://journees3r.fr/IMG/pdf/2002_elevage_bio_parasitisme_01_Paolini.pdf

Peiretti PG 2005 Prediction of the gross energy value of Mediterranean forages Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.3 (3&4) ;102 - 104. https://www.researchgate.net/profile/Pier_Giorgio_Peiretti/publication/268187127_Prediction_of_the_gross_energy_value_of_Mediterranean_forages/links/546f4c340cf24af340c0828d/Prediction-of-the-gross-energy-value-of-Mediterranean-forages.pdf

Robinson PH 2005 The Changing Role of Forage Fiber in Dairy Rations. *Proc. California Alfalfa and Forage Symp. Visalia, CA. 2005. p. 12-14*. <https://animalscience.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk446/files/inline-files/Web200601.pdf>

Rohweder DA, Barnes R F and Jorgensen N 1978 Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. Journal of animal science, 47(3), 747-759.

Sauvant D 2004 Principes généraux de l'alimentation animale. Polycope de cours, INAPG. 147p. http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_2457_0.pdf

Sauvant D et Nozière P 2013 La quantification des principaux phénomènes digestifs chez les ruminants : les relations utilisées pour rénover les systèmes d'unités d'alimentation énergétique et protéique. INRA.Prod.Anim., 26(4) ; 327-346. https://www6.inra.fr/productions-animales/content/download/6655/90771/version/1/file/Prod_Anim_2013_26_4_03.pdf

Sauvant D, Perez J Met Tran G 2002 Tables de composition chimique et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA ed., 301p.

Slim S et Ben Jeddi F 2012 Effets du préfanage et du conditionnement du fourrage de sulla (*Hedysarum coronarium* L.) sur la qualité de son ensilage. Fourrages, 210 ;159-165. <http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=1883&statut=0>

Suttle NF 2010 Mineral Nutrition of Livestock. 4th Edition, 587 p. http://www.ucv.vt.edu/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Produccion_Animal/Minerals_in_Animal_Nutrition.pdf

Tibe O, Meagher L P, Fraser K and Harding D R K 2011 Condensed Tannins and Flavonoids from the Forage Legume Sulla (*Hedysarum coronarium*). J. Agric. Food Chem, 59; 9402–9409

Tremblay G F Petit HV et Lafrenière C 2002 Notions de qualité des fourrages. Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Tylutki TP, Foxa D G, Durbala V M, Tedeschib L O , Russellc J B , Van Amburgha M E , Overtona T R , Chasea L E and Pella A N 2008 Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. Animal Feed Science and Technology, 143;174–202.

Uijtewaal A, Chapuis S, Crocq G et Lépée P 2016 Quoi de neuf en matière de récolte et conservation des légumineuses fourragères ? Fourrages, 227 ; 157-166. <http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=2088&statut=0>

Undersander D and Moore J E 2004 Relative forage quality (RFQ) – Indexing legumes and grasses for forage quality. In: Proceedings, National Alfalfa Symposium, 13-15 December, 2004, San Diego, CA, UC Cooperative Extension, University of California, Davis 95616. <https://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2004/04-193.pdf>

Undersander D, Moore J E and Schneider N 2010 Relative forage quality. Forage, vol.12. no.6. <https://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/RFQ-FOF.pdf>

Vérité R et Peyraud J L 1998 Nutrition azotée. In Jarrige R (Eds), Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, Ed. INRA, Paris, 75-93.

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

Vertès F, Jeuffroy M H, Louarn G, Voisin A Set Justes E 2015 Légumineuses et prairies temporaires : des fournitures d'azote pour les rotations. Fourrages, 223 ; 221-232. <http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=2054&statut=0>

Weiss P et Demarquilly C 1970 Valeur alimentaire des fourrages verts. Fourrages, 42 ; 3-22. <http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=413&statut=0>

Zirmi-Zembri N et Kadi S A 2016 Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28, Article #145. <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/zemb28145.html>

Zvyagina N S, Dorogina O V and Catalan P 2016 Genetic relatedness and taxonomy in closely related species of *Hedysarum* (Fabaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 69 ;176-187.

Zirmi-Zembri N., Kadi S.A. 2019. Use of *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*) by breeders in Kabylia (Algeria). *FAO-CIHEAM Subnetwork for the Research and Development of Mediterranean Pasture and Forage Resources*, Meknes, Morocco, 23 to 25 October 2019.

http://networks.iamz.ciheam.org/meknes2019/pdf/BOOK_OF_ABSTRACTS_MEKNES19.pdf.



Texte complété et enrichi. En cours de finalisation et soumission à la revue BASE (Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement).

Le Sulla flexuosa et ses usages en Kabylie (wilaya de Tizi-Ouzou) : Résultats d'une enquête ethnobotanique

Zirmi-Zembri N., Mouhous A., Kadi S.A.

Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences
Agronomiques, Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies (LABAB), Université
Mouloud Mammeri UN1501, Tizi-Ouzou, Algérie
nacimazembri@gmail.com

Résumé

Le Sulla flexuosa appartient à la famille des fabacées au genre *Hedysarum* et qui est composé d'un grand nombre d'espèces fourragères comprenant des espèces annuelles et pérennes, largement distribuées dans le monde. Le Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*) est endémique du centre nord de l'Algérie et pourrait jouer un rôle prépondérant dans la résorption du déficit fourrager dans notre pays. Malheureusement et bien que sa valeur nutritive soit égale voire des fois supérieure à la luzerne, cette ressource est classée en voie de disparition du fait qu'elle pousse d'une manière spontanée et n'est pas cultivée. Dans l'objectif de contribuer à la conservation du Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*) par sa valorisation, le recueil d'informations sur les usages de cette légumineuse par les éleveurs est une des étapes les plus importantes. Pour cela, d'Avril à Juin 2018, une enquête ethnobotanique mettant l'accent sur l'usage fourrager de cette espèce a été réalisée par interviews individuelles de 114 éleveurs répartis sur tout le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou. Le Sulla est signalé dans une vingtaine de communes à travers la wilaya où son apparition est surtout remarquée par les éleveurs en Décembre (19,8 %) voire en Février (20, 7%). Pour la moitié des éleveurs, le Sulla pousse surtout sur les terrains en pente. Si la grande majorité (84%) distingue les deux formes plagiotrope et orthotrope, seulement près de la moitié (45,3%) soutiennent qu'elle est bisannuelle et près d'un tiers (34%) pensent qu'elle est annuelle. C'est la totalité des éleveurs qui l'utilise et en alimentation animale et qui signalent son utilisation aussi en alimentation humaine. En alimentation animale, trois quart des éleveurs l'utilise en vert (affouragement à l'auge ou pâturage). L'analyse des correspondances multiples, suivie d'une classification ascendante hiérarchique, ont démontré que la situation géographique, le type d'affouragement, la conservation du foin du Sulla et le nombre de bottes de foin récoltées par hectare sont les principales caractéristiques qui discriminent les cinq groupes identifiés (G1, G2, G3, G4 et G5). La conjugaison des résultats de la recherche scientifique (sur la morphologie, la phénologie, la biochimie et la valeur nutritive) et du savoir traditionnel et ancestral doit être le socle de tous les programmes de préservation, de sélection, d'amélioration génétique débouchant sur la domestication de *H. flexuosum*.

Mots-clés : Sulla flexuosa, savoir ethnobotanique, alimentation, élevage, Kabylie.

1-Introduction

En Algérie, la flore spontanée est estimée par Abdelguerfi et Ramdane (2003) à environ 3139 espèces. L'essentiel des ressources fourragères et pastorales proviennent en général des milieux naturels, et les légumineuses fourragères et pastorales occupent une place importante (Abdelguerfi *et al.*, 2000).

Ces ressources naturelles locales adaptées et qui ont subi une sélection ancestrale longue et douce mais efficace (Abdelguerfi, 1989), subissent l'action combinée de la sécheresse récurrente et de l'exploitation effrénée, ce qui engendre des conséquences désastreuses sur la végétation, ainsi les formations naturelles sont en train de céder la place aux formations anthropiques qui sont des espaces cultivés (Duvigneaud, 1974). La dégradation du couvert végétal se traduit par une érosion de la diversité des écosystèmes en général, et de la diversité floristique en particulier (Abdelguerfi et Laouar, 2000).

Et pour enrichir les connaissances sur les espèces spontanées utiles, des enquêtes ethnobotaniques sont nécessaires (Kébenzikato *et al.*, 2015). L'ethnobotanique utilise des sources et des moyens d'étude variés, la collecte des données à travers les enquêtes est l'un des moyens d'obtention des informations sur les savoirs locaux, et selon Abdelguerfi *et al.* (2004), les ressources locales et les savoir-faire ancestraux des zones arides et sahariennes demeurent des atouts pour la mise en place d'un développement durable. D'après Derridj *et al.* (2010), le savoir traditionnel, thésaurisé et transmis de génération en génération chez les populations rurales, est un héritage familial oral et un patrimoine ancestral qu'il y'a lieu de préserver pour les générations futures. Les espèces spontanées sont très importantes pour les populations des pays en développement pour lesquelles elles constituent une source de revenus vitale et une potentialité nutritionnelle essentielle susceptible de pallier à des situations critiques saisonnières (Guigma *et al.*, 2012 ; Ari *et al.*, 2015). Girard (2006) a indiqué que la méthode de formalisation de typologies situées à partir d'entretiens avec des agriculteurs sur leurs pratiques, relève d'une démarche d'ingénierie des connaissances, au sens de l'activité qui consiste à expliciter et mettre en forme des connaissances de différentes sources et différents niveaux de généralité et c'est aussi un outil pour élargir la vision qu'ont les acteurs de terrain et chercheurs de la diversité des pratiques et ainsi redéfinir ensemble les problèmes.

L'étude des *Hedysarum* et leurs intérêts ethnobotaniques se veut de contribuer à la connaissance de l'évolution de la diversité biologique des formations naturelles, et pour se faire un état des lieux à partir de l'existant s'impose, compte tenu du fait que ce genre regorge des espèces à haute valeur fourragère (Abdelguerfi-Berrekia *et al.*, 1988). Cette légumineuse pourrait jouer un rôle prépondérant dans la résorption du déficit fourrager dans notre pays. Malheureusement et bien que sa valeur nutritive soit égale voire des fois supérieure à la luzerne (Kadi *et al.*, 2011 ; Kadi *et al.*, 2012 ; Zirmi-Zembri et Kadi, 2016), cette ressource est classée en voie de disparition (Groom, 2012) du fait qu'elle pousse d'une manière spontanée et n'est pas cultivée.

Dans l'objectif de contribuer à la conservation du *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*) par sa valorisation, le recueil d'informations sur les usages de cette légumineuse par les éleveurs est une des étapes les plus importantes.



Figure 2. Diversité architecturale des tiges dans l'espèce *Hedysarum Flexuosum* :
 A : plant de sulla strictement plagiotrope, B : plant de sulla strictement Orthotrope.

2.2. Identification des zones d'enquête

Dans un premier temps, nous avons effectué une pré-enquête doublée d'une recherche bibliographique sur la présence d'*Hedysarum flexuosum* au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou. De plus, nous avons utilisé la base de données constituée sur cette légumineuse au niveau de notre laboratoire de nutrition animale et produits animaux au département d'agronomie à la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Cette étape nous a permis de localiser nos sites d'étude et qui ont été retenus pour les enquêtes ethnobotaniques, du fait que des échantillons botaniques étaient prélevés dans ces mêmes territoires lors des études ultérieures sur la même espèce (Guermah *et al.*, 2011; Kadi *et al.*, 2011, 2012, 2015, 2017a, 2017b ; Mouhous *et al.*, 2017.)

2.3. Questionnaire d'enquête

Il comporte des questions portant sur les différentes utilisations du *Sulla flexuosa* dans le domaine alimentaire, fourrager et médicinal. Des fiches d'enquête ont été établies, elles portent des indications sur l'identification du *Sulla* par les éleveurs, les différents usages du *Sulla* en alimentation humaine et animale ainsi que les perspectives et stratégies à long terme. Les informations collectées vont nous permettre de réaliser l'analyse typologique des élevages utilisant le *Sulla flexuosa* dans l'alimentation du cheptel. En effet par rapport aux objectifs tracés par l'enquête, les variables ont été réunies (Tableau 1) en trois volets (Information, perception et utilisation du *Sulla*).

Tableau 1. Différents types de variables retenues pour l'élaboration de l'enquête.

Information	-Localisation géographique, genre et âge des répondants
Perception	-Architecture et Hauteur des plants. -Mois d'apparition, fréquence d'apparition et date de floraison. -Conditions environnementales qui favorisent le développement de ce fourrage. -Types et topographies des sols à Sulla. -Résistance à la sécheresse et réactions aux maladies et parasites. -L'étendue de l'aire de distribution du Sulla. -Pour la stratégie à moyen et long terme, l'éventualité d'ensemencement de cette légumineuse.
Utilisations	-Alimentation humaine -usage en qualité de plante médicinale -Espèces et catégories animales alimentées avec du Sulla. -Performances zootechniques permises par l'alimentation en Sulla. -Les types d'affouragement pratiqués. -Stade, type et nombre de coupes. -Durée et qualité d'affouragement du Sulla en vert. - Type et période de fauchage du foin de Sulla et durée de séchage. -Nombre et qualité des bottes récoltées par hectare, prix de la botte et pourcentage de bottes vendu. -A-t-il essayer d'ensemencer le Sulla, comment et quels sont les résultats.

2.4. L'enquête proprement dite

Les données ont été collectées d'Avril à juin 2018 à travers des interviews directes et individuelles de 114 éleveurs pris de façon aléatoire. L'interview et le remplissage des questionnaires ont été précédés par l'obtention de l'accord des éleveurs en leur expliquant l'objectif de l'étude.

2.5. Traitement des données

Les données collectées ont été codées et saisies dans un fichier de type tableur sur le logiciel *Microsoft EXCEL® 2013*. Le traitement des données a été entrepris par une analyse statistique descriptive, suivi d'une analyse des correspondances multiples (ACM) à l'aide du logiciel *XLStat 2019.2.2.59614*, effectuée sur l'ensemble des variables qui sont le résultat des réponses des éleveurs aux différentes questions de l'enquête. L'ACM est suivi d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) qui permet de regrouper les individus en différentes classes homogènes sur la base des modalités. Sur 54 variables qualitatives et quantitatives indicatrices (à la fois d'information, de perception et d'utilisation), 20 variables actives (Tableau 2) ont permis de réaliser une analyse factorielle des correspondances multiples. Le choix s'est porté sur les variables les plus déterminantes pour réaliser une typologie des élevages.

Les principaux axes factoriels sont conservés pour la classification hiérarchique. Celle-ci est basée sur les critères d'agrégation de Ward et fournit une arborescence qui est interprétée et soumise à une partition. Le résultat obtenu se présente sous la forme d'un dendrogramme, arbre de construction des classes à partir duquel il sera possible de définir les regroupements les plus intéressants. L'interprétation s'est faite sur les résultats graphiques et numériques obtenus sous

le logiciel X L Stat 2019.2.2.59614. Les classes sont caractérisées par les variables actives en étudiant les valeurs-tests de chaque variable dans chaque classe. Le niveau de la connaissance des éleveurs relative pour chaque utilisation a été estimé par le rapport entre le nombre de personnes connaissant les variables (caractéristique du Sulla) et les 114 éleveurs interrogées. La dernière étape consiste à interpréter les classes issues de l'analyse multi variée en termes de typologie ethnobotanique de l'usage de *Sulla flexuosa* en alimentation du cheptel dans cette région d'étude.

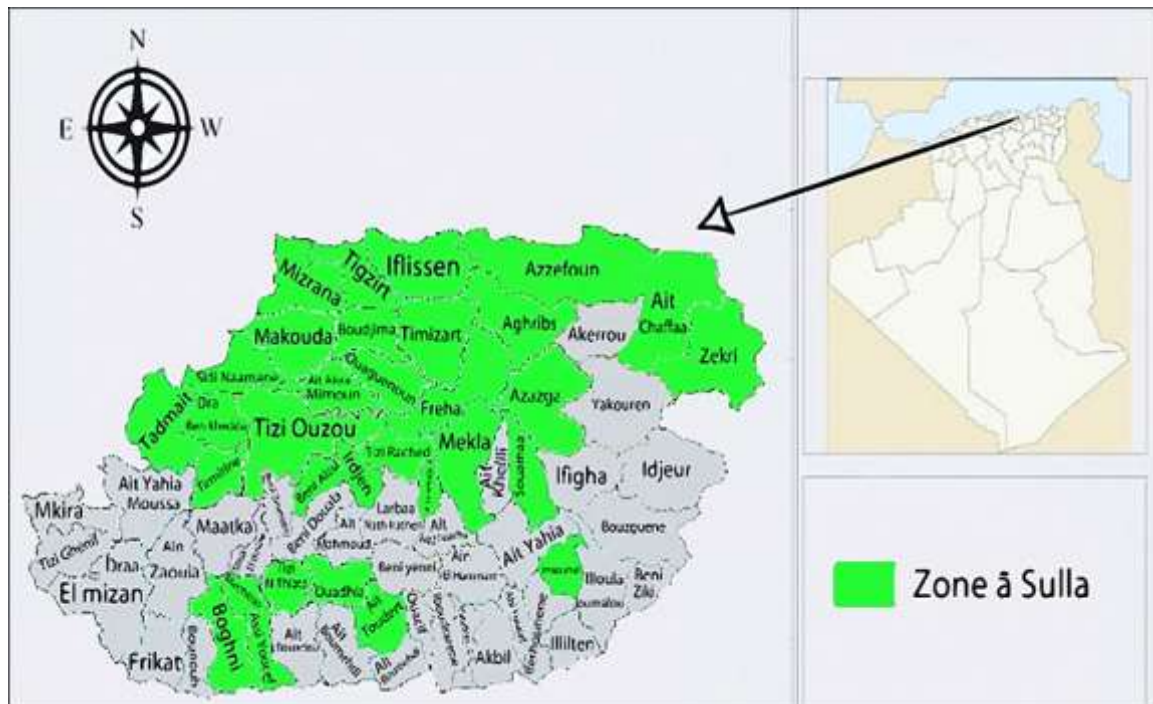
Tableau 2. Les variables actives retenues pour l'analyse Statistique.

N°	Variables actives	Nombre de modalités
01	Localisation géographique (commune)	23
02	Genre des répondants	2
03	Age des répondants	4
04	Architecture de la plante du <i>Sulla flexuosa</i>	3
05	Hauteur des plants du Sulla	4
06	Les conditions qui favorisent le développement du <i>Sulla flexuosa</i>	5
07	Topographie des sols à Sulla	3
08	Fréquence d'apparition du Sulla	4
09	Résistance des populations du Sulla à la sécheresse	4
10	Espèces animales alimentées par le Sulla	4
11	les productions animales améliorées par l'alimentation du cheptel avec du Sulla	5
12	Les différents types d'affouragement du Sulla	8
13	Durée d'alimentation en mois permise par le Sulla	5
14	L'affouragement du Sulla en vert, diminue-t-il la supplémentation alimentaire par du concentré du commerce ?	3
15	Nombre de bottes de foin récoltées par hectare	4
16	Prix unitaire des bottes de foin de Sulla vendues	4
17	Pourcentage des bottes de foin vendues	4
18	La conservation du Foin du Sulla	3
19	Evolution de l'aire de distribution du Sulla	3
20	Le choix d'ensemencement de Sulla comme stratégie à long terme	2

3-Résultats et discussions

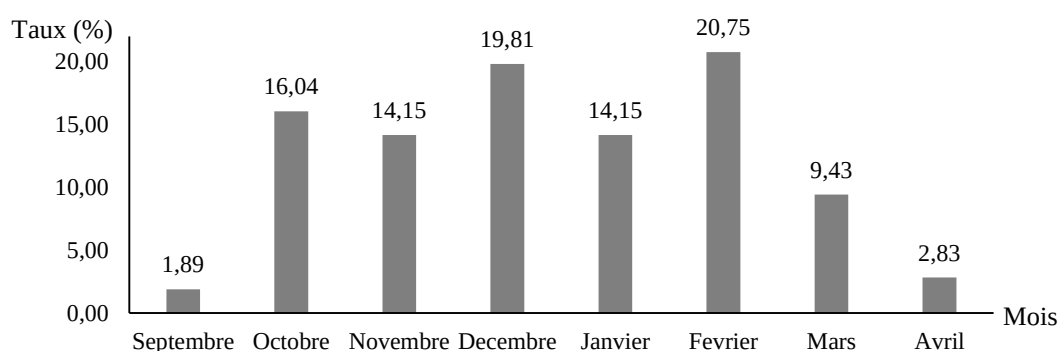
3-1. Analyse descriptive

Au total, 114 fiches d'enquête ont été renseignées. La majorité des répondants ont 30 ans révolus (95.61 %) et sont de sexe masculin (99,12 %). Le Sulla est signalé dans une vingtaine de communes sur les 67 que compte la wilaya (Figure 3).



3-1-1. Mois d'apparition de *Sulla flexuosa*

Les pousses de *Sulla flexuosa* sont remarquées par les éleveurs surtout au mois de Décembre (près de 20%) voire en Février (près de 21%). 52% des éleveurs l'ont signalée de Septembre à Décembre (figure 4). Cet écart dans la date d'apparition du *Sulla* peut s'expliquer par le fait que la germination de cette plante est tributaire des premières pluies d'automne qui doivent être précoces et abondantes pour la levée de dormance tégumentaire. D'après Medjebeur *et al.* (2018), le retard de germination augmente avec la sévérité des stress hydrique mais aussi salin.



3-1-2. Type de relief des parcelles à Sulla

Pour la moitié des éleveurs (51,8%), le Sulla pousse surtout sur les terrains en pente, et pour un tiers (37,74 %) d'entre eux, elle est présente sur des parcelles ayant un relief mixte soit du plat et de la pente. Seulement un dixième des éleveurs (10 %) la rencontre sur des sols plats seulement (Figure 5). Les parcelles accessibles sont occupées par les céréales et les autres

cultures cultivées, ce qui concorde avec les écrits de Le Houérou (2001) et Abdelguerfi et Laouar (2002). Pour Bouajila *et al.* (2013), l'installation d'une fabacée fourragère tel que le Sulla est une technique biologique de valorisation des sols à topographie difficile et marginaux et à faible potentiel productif. Selon Abdelguerfi-berrekia et Abdelguerfi (1986) et Abdelguerfi-Berrekia *et al.* (1991), *H. flexuosum* est à même de fournir des rendements très intéressants sur les sols marneux en pente, difficiles à mettre en valeur.

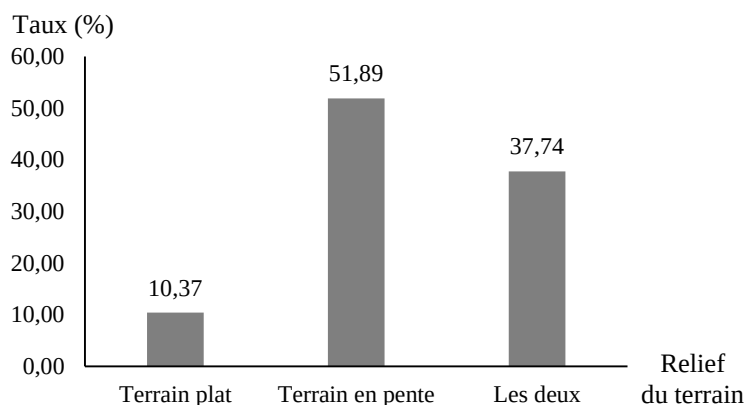


Figure 5. Fréquence des différents reliefs des parcelles à Sulla flexuosa selon les éleveurs

3-1-3. Diversité de l'architecture (port) de *H. flexuosum*

La grande majorité des éleveurs (84%) distingue les deux formes plagiotrope et orthotrope des populations de Sulla (Figure 6) quel que soit la région, ce qui corrobore les résultats de Ben Fadhel *et al.* (2006) pour qui les populations algériennes se distinguent notamment par un port érigé avec ramification intense et des feuilles à nombre élevé de folioles. Ce caractère est d'une grande importance pour l'exploitation de ce fourrage en permettant des modes de fauchage manuel et/ou mécanique. Les plants à ports plagiotropes strictes ne sont déclarés présents que par 2,83% des éleveurs enquêtés contre 13,21 % de plants à port dressé strict (orthotrope).

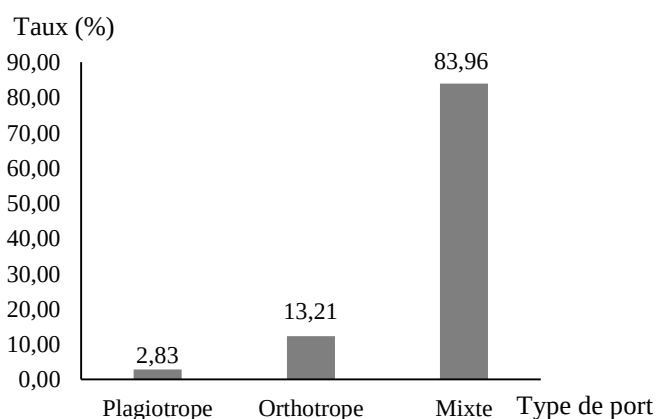


Figure 6. Fréquence des différentes architectures de plants de Sulla flexuosa selon les éleveurs

3-1-4. Cyclicité de *Sulla flexuosa*

Près de la moitié des enquêtés (45,3%) soutiennent que *Sulla flexuosa* est bisannuelle et près d'un tiers (34%) pensent qu'elle est annuelle (Figure 7). L'irrégularité d'apparition de cette espèce fourragère est liée aux facteurs abiotiques de la région et principalement la précocité et l'intensité des précipitations. Selon Bell *et al.* (2003), *Sulla flexuosa* est une espèce annuelle et le degré de ramollissement des graines chez *Hedysarum sp.*, est un critère de sélection important dans le développement de nouveaux cultivars.

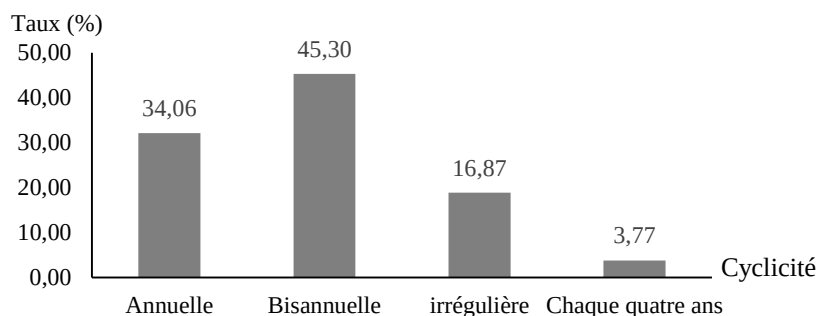


Figure 7. Fréquence de la cyclicité de *Sulla flexuosa* selon les éleveurs

3-1-5. Utilisation du *Sulla*

C'est la totalité des éleveurs enquêtés qui utilise *Hedysarum flexuosum* en alimentation animale (Bovins, ovins, caprins, équins et lapins) et qui signale son utilisation aussi en alimentation humaine. En alimentation animale, trois quart des éleveurs (75 %) l'utilise en vert soit en affouragement à l'auge ou en pâturage (Figure 8). Les populations naturelles d'*Hedysarum flexuosum* assurent un pâturage hivernal et printanier de bonne valeur nutritive (Abdelguerfi-Berrakia *et al.*, 1991). A travers le monde, l'utilisation du *Sulla* est signalée en alimentation des ovins (Molle *et al.*, 2003; Vasta *et al.*, 2008 ; de Koning *et al.*, 2008 ; Bonanno *et al.*, 2011), des caprins (Bonanno *et al.*, 2007 ; Vasta *et al.*, 2008 ; Di Trana *et al.*, 2015), des vaches (Min *et al.*, 2003 ; Chaves *et al.*, 2006) et des lapins (Kadi *et al.*, 2011 et 2012). Cette légumineuse constitue un exemple efficace d'espèce à usages multiples exploitée également pour la protection de l'environnement, mise en valeur des paysages et production de miel (Jerković *et al.*, 2010).



A

B

Figure 8. Utilisation en vert d'*H. flexuosum*, modes les plus rencontrés dans la zone d'étude

A : Fauchée pour l'affouragement à l'auge. B : En pâturage

3-2. Analyse des correspondances multiples

3-2-1. Description des axes factoriels par les modalités actives

L'analyse a permis d'identifier le nombre d'axes à conserver, nous recensons 28 axes au total (figure 9). L'importance de la variance expliquée sur les deux premiers axes explique la pertinence du choix des rubriques du questionnaire. Dans notre cas, il convient d'archiver les deux premiers axes qui expliquent 54,91 % de l'information, soit respectivement 45,35 % et 9,56 % et dont les valeurs propres sont successivement 0,38 et 0,21.

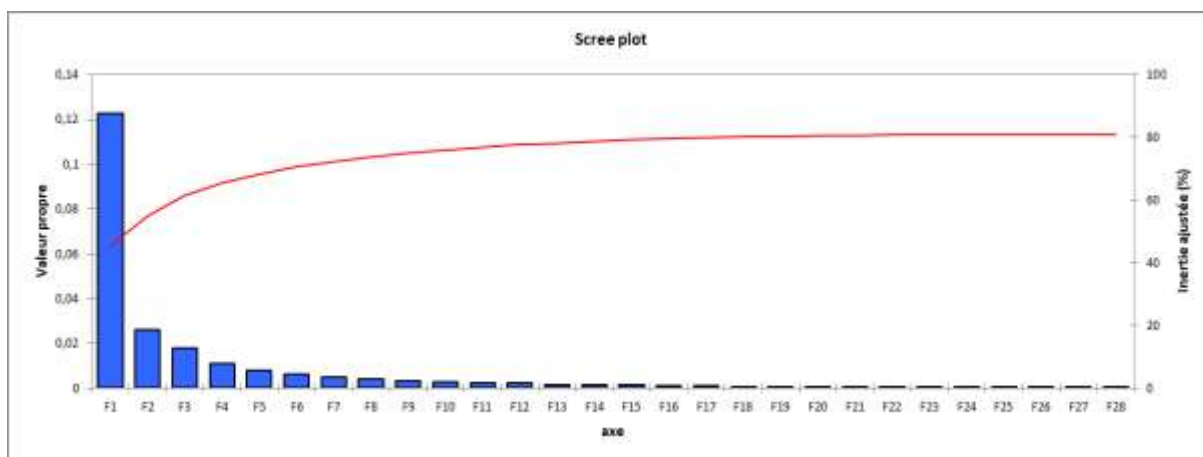


Figure 9 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de l'analyse des correspondances multiples.

3-2-2. Analyse des composantes multiples

D'après les résultats de l'ACM démontrés par la figure 10, nous pouvons déterminer que le premier axe qui caractérise le savoir ethnobotaniques des éleveurs et qui sont bien représentées par les modalités qui ont un COS^2 variant de 0,22 à 0,84 sont :

- Localisation géographique ;
- Hauteur des plants du Sulla ;
- Topographie des sols à Sulla ;
- Espèces animales alimentées par le Sulla, les productions animales améliorées par l'alimentation du cheptel avec du Sulla ;
- Les différents types d'affouragement du Sulla ;
- Le nombre de bottes de foin récoltées par hectare ;
- Prix unitaire des bottes de foin de Sulla vendues ;
- Pourcentage des bottes de foin vendues ;
- La conservation du foin du Sulla
- Evolution de l'aire de distribution du Sulla.

La modalité la plus significative présentée par l'axe 2 est les différents types d'affouragement du Sulla avec un cos^2 égale à 0,46.

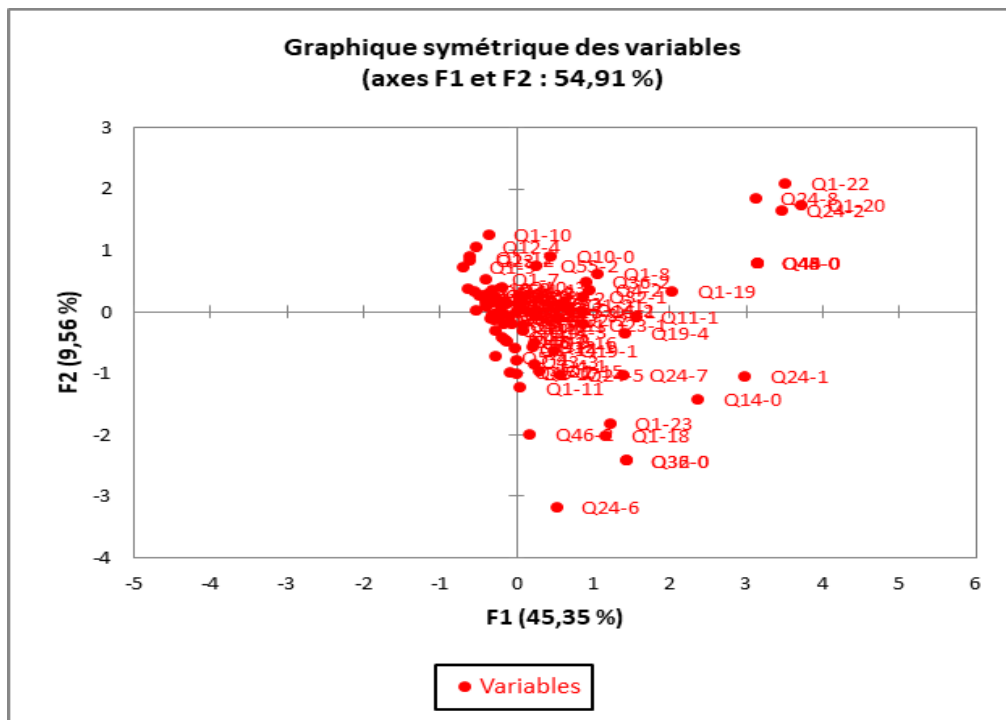


Tableau 3.Caractéristiques qualitatives des variables explicatives pour les groupes identifiés

Variables	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Nombre par groupe	16	48	18	14	18
Situation géographique :					
Nord	06,25%	/	22,22%	50,00 %	16,67%
Sud	/	/	/	/	38,89%
Est	31,25%	27,08%	66,67%	42,86 %	/
Ouest	/	/	/	/	44,44%
Centre	62,50%	72,92%	11,11%	7,14%	/
Architecture des plants du Sulla :					
Mixte	68,75%	83,33%	77,78%	92,96%	83,33%
Orthotrope	25,00 %	14,59%	16,66%	07,14%	16,67%
Plagiotrope	06,25%	02,08%	05,56%	/	/
Relief des sols à Sulla :					
Pente	75,00 %	58,33%	44 ,44%	35,71%	16,67%
Plat	18,75 %	/	05,56%	21,43%	50,00%
Mixte	06,25 %	41,67%	50,00%	42,86%	33,33%
Fréquence d'apparition du Sulla					
Annuelle	62,50%	16,67%	05,56%	35,71%	61,11%
Bisannuelle	31,25%	37,50%	50,00%	50,00%	33,33%
Irrégulière	06,25%	43,75%	38,89%	14,29%	05,56%
Une année sur quatre	/	02,08%	05,56%	/	/
Résistance à la sécheresse :					
Oui	37,50%	68,75%	66,67%	57,14%	22,22%
Non	18,75%	12,50%	05,56%	14,29%	55,56%
Exige de l'eau pour la germination	31,25%	18,75 %	27,77%	28,57%	16,67%
Non Renseigné	12,50%	/	/	/	05,56%
Hauteur des plants de Sulla (mètres):					
[0,5-1[	25,00%	08,33%	22,22%	28,58%	25,00%
[1-1,5[	43,75%	52,08%	27,78%	35,78%	43,75%
[1,5-2[	31,25%	33,34%	27,78%	35,71%	31,25%
≥ 2	/	06,25%	22,22%	/	/
Aire de distribution du Sulla :					
Constante	/	10,42 %	16,67%	07,14%	27,78%
En augmentation	06,25%	/	/	21,43%	05,56%
En diminution	93,75%	89,58%	83,33%	71,43%	66,66%
Conditions qui favorisent le Sulla :					
- Paramètres liés à la pluviométrie	56,25%	45,18%	55,56%	78,58%	83,33%
- Paramètres liés à la semence	06,25%	08,33%	05,56%	07,14%	/
- Paramètres liés au sol	18,75%	14,58%	16,66%	07,14%	/
- Pluviométrie + Sol	06,25%	14,58%	16,66%	/	11,11%
- Non renseigné	12,50%	08,33%	05,56%	07,14%	05,56%

Tableau 3. (Suite)

Variables	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Production permises par le Sulla :					
Lait	81,25%	/	22,22%	07,14%	66,66%
Viande	06,25%	02,08%	05,56%	64,29%	/
Lait+ Viande	06,25%	52,08%	22,22%	/	11,11%
Lait+ Viande+ Croit	06,25%	54,85%	39,89%	28,57%	22,22%
Type d'affouragement de Sulla :					
- Pâturage direct+ Affouragement en vert à l'auge+ Foin	56,25%	97,92%	100 %	85,71%	38,88 %
- Affouragement en vert à l'auge	12,25%	/	/	/	11,11%
- Pâturage direct+ Foin	06,25%	02,08%	/	14,29%	5,56%
- Pâturage direct+ Affouragement en vert à l'auge	12,50%	/	/	/	11,11%
- Affouragement en vert à l'auge+ Foin	/	/	/	/	11,11%
- Pâturage direct	/	/	/	/	05,56%
Durée d'affouragement avec du Sulla en vert :					
- Un mois	12,50%	12,50%	05,56%	14,29%	33,34%
- Deux mois	43,75%	37,50%	50,00%	21,43%	38,89%
- Trois mois	25,00%	39,58%	38,89%	42,86%	5,56%
- Quatre mois	/	08,34%	5,56%	07,14%	/
- Non utilisé en vert	18,75%	02,08%	/	14,29%	11,11%
L'affouragement du Sulla en vert diminue-t-il la supplémentation en concentré :					
- Oui	81,25%	95,84%	94,44%	85,71%	77,78%
- Non	/	02,08%	05,56%	/	11,11%
- Non utilisé en vert	18,75%	02,08%	/	14,29%	11,11%
Nombre de bottes de foin de Sulla récolté par Hectare :					
[60-250[	18,75%	25,00%	22,22%	14,29%	27,78%
[250-450[	43,75%	66,67%	72,22%	78,58%	33,33%
[450-600]	18,75%	08,33%	05,56%	07,14%	11,11%
Non exploité en foin	25,00%	/	/	/	27,78%
Prix de la botte de foin du Sulla :					
- [150-300[	18,75%	62,50%	72,22%	35,71%	18,75%
- [300-450[	50,00%	35,42%	22,22%	42,86%	50,00%
- [450-600[	06,25%	02,08%	05,56%	21,43%	06,25%
- Non exploité en foin	25,00%	/	/	/	25,00%
Pourcentage de bottes de foin vendu :					
100 % vendu	18,75%	22,92%	44,44%	42,86	18,75%
75% vendu	12,50%	20,83%	05,56%	/	12,50%
50% vendu	37,50%	25,00%	38,89%	28,57	37,50%
0 % vendu	06,25%	31,25%	11,11%	28,57	/
Non exploité en foin	/	/	/	/	25,00%
Conservation du foin du Sulla :					
-Se conserve bien en été mais en hiver le Sulla s'humidifie	56,29%	81,25%	88,89%	78,57%	33,33%
-Pas de problème de conservation	18,75%	18,75%	11,11%	21,43%	38,89%
-Non exploité en foin	25,00%	/	/	/	27,78%
Mise en culture éventuelle du Sulla :					
Oui	87,50 %	81,25 %	55,56 %	85,71 %	77,78 %
Non	12,50 %	18,75 %	44,44 %	14,29 %	22,22 %

Groupe 1 : Il est constitué de 16 élevages, soit 14,03% du total des répondants enquêtés. Ces élevages sont situés pour 62,50 % au Centre et 31,25% à l'Est de la Wilaya. Les éleveurs de ce groupe distinguent pour 68,75 % d'entre eux l'architecture mixte des plants de Sulla et évoluant dans des sols à 75 % de topographie mixte (en pente et plat). La cyclicité du Sulla flexuosa renseignée est à 62,5 % annuelle et à 31,25 % bisannuelle. Cependant, l'aire de distribution de cette légumineuse, d'après ces éleveurs, est à 93,75 % en diminution, tandis que 6,5 % la croient constante. Ce fourrage utilisé en vert assure pour 81,25 % des éleveurs l'augmentation des rendements en lait de leurs élevages et assure pour 25 % d'entre eux une période d'affouragement en vert de trois mois et 43,75 % de deux mois. De ce fait les éleveurs confirment que l'alimentation de leurs cheptels avec du Sulla en vert diminue pour 81,25% d'entre eux l'usage d'aliments concentré. 56,25% des éleveurs utilisent tous les trois types d'affouragement soit en pâturage, en vert à l'auge et en foin alors que 87,5 % des éleveurs affirment leur intérêt à semer cette légumineuse dans le cas où la semence serait disponible.

Groupe 2 : C'est le groupe le plus important en nombre d'exploitations (48 soit 42,11 %). 72,92% des éleveurs exercent l'élevage dans les communes du Centre de la wilaya et 27,08% à l'Est. Quant à l'architecture des plants du Sulla, 83,33% affirment que la variante mixte (plagiotrope et orthotrope) est la dominante. Concernant le relief des sols à Sulla, selon les répondants de ce groupe, on compte 58,33% qui confirment sa présence principalement sur des terrains en pente et 41,67% qui la trouvent surtout sur les terrains à relief mixte (plats et en pente). Les éleveurs à 43,75 % nous informent que le Sulla flexuosa est de fréquence irrégulière et à 37,50 % bisannuelle. L'aire de distribution de cette légumineuse serait en diminution selon 89,58% des répondants du groupe. Le Sulla flexuosa utilisé en affouragement en vert assure, pour 97,92% des élevages, l'augmentation des rendements des productions de leurs élevages mixtes (Lait et Viande) et assure pour 39,58 % d'entre eux un affouragement en vert pendant trois mois alors que pour 37,50 % une durée de deux mois est signalée. Cet apport assure en période d'utilisation du Sulla, la diminution de la supplémentation en aliment concentré pour 95,84% des éleveurs. La grande majorité des éleveurs de ce groupe, soit 97,92%, utilisent pour l'affouragement de leur cheptel du Sulla ; en pâturages, en affouragement en vert à l'auge et sous forme de foin. Pour le semis éventuel de cette légumineuse, 81,25 % des éleveurs trouvent un intérêt croissant.

Groupe 3 : Il est composé de 18 élevages, soit 15,79 % du nombre total des élevages enquêtés. Ces élevages sont situés pour 66,67 % à l'Est et 22,22% au Nord de la Wilaya. Les éleveurs de ce groupe distinguent pour 77,78 % l'architecture mixte des plants de Sulla et signalent qu'elle évolue dans des sols à 50 % de topographie mixte (en pente et plat) et 44,44% de terrains en pente. 50% des éleveurs notent le caractère bisannuel du Sulla flexuosa et 38,89 % soulignent une cyclicité irrégulière. Ils signalent pour 83,33% d'entre eux, que l'aire de distribution ne fait que diminuer d'année en année. Ce fourrage est utilisé par les éleveurs de ce groupe en vert et assure, pour 72% des éleveurs, l'augmentation des rendements des produits de leurs élevages mixtes et, pour 50 % d'entre eux, un affouragement en vert pendant deux mois alors que pour 38,89 % la durée d'utilisation du Sulla en vert atteint les trois mois. De ce fait, les éleveurs confirment que l'alimentation de leurs cheptels avec du Sulla en vert diminue pour 94,44 % d'entre eux l'usage d'aliments concentré en supplémentation. Les éleveurs de ce groupe

utilisent en quasi-totalité les trois modes d'affouragement (pâturage, affouragement en vert à l'auge et le foin du Sulla) et 55,56% des éleveurs envisageraient de semer cette légumineuse dans le cas où la semence serait disponible.

Groupe 4 : Il regroupe 14 élevages (12,28%) situés pour 50 % au Nord et 42,86 % à l'Est de la Wilaya. Les éleveurs de ce groupe distinguent à 92,96 % l'architecture mixte des plants de Sulla et évoluant dans des sols à 42,86 % de topographie mixte (en pente et plat) et 35,71% en pente. 50 % des éleveurs soulignent que le Sulla est une plante bisannuelle et 35,71% la trouve annuelle. Cependant, l'aire de distribution de cette légumineuse est d'après 71,43% des éleveurs en diminution. Ce fourrage utilisé en vert assure pour 93% des éleveurs l'augmentation des rendements en lait et viande et assure pour le cheptel de 42,86 % d'entre eux une période d'affouragement en vert de trois mois et pour 21,86 % sur une durée de deux mois. On totalise 85,71 % des éleveurs qui confirment que l'alimentation de leurs cheptels avec du Sulla en vert diminue l'usage d'aliments concentrés en supplémentation. 85,71% des éleveurs de ce groupe alimentent leurs cheptels avec les trois différents types d'affouragement du Sulla (Pâturage, affouragement en vert à l'auge et foin du Sulla) et presque le même taux, à savoir 85,71% s'intéressent au semis éventuel du Sulla dans le cas de la disponibilité de la semence.

Groupe 5 : Ce groupe renferme 18 élevages (15,79 %) situés pour 44,44% à l'ouest et 38,89% au Sud de la Wilaya. Les éleveurs de ce groupe distinguent pour 83,33 % l'architecture mixte des plants de Sulla et évoluant dans des sols de relief plat et 33,33 % de topographie mixte (en pente et plat). Ce fourrage est pour 61,11% des éleveurs est annuel, tandis que 33,33 % indiquent qu'il apparaît tous les deux ans. Cependant l'aire de distribution de cette légumineuse, d'après ces éleveurs est à 66,66 % en diminution, tandis que 27,78 % des éleveurs la croient constante. Ce fourrage en vert assure pour 88,89 % des éleveurs l'augmentation des rendements en lait et viande et assure pour 33,33 % d'entre eux un affouragement en vert pendant un mois alors que pour 38,89 % la durée de deux mois. De ce fait 77,78 % des éleveurs confirment que l'alimentation de leurs cheptels avec du Sulla vert diminue l'usage d'aliments concentré en supplémentation. 38,89 % des éleveurs de ce groupe utilisent les trois types d'affouragement et 77,78 % ont exprimé leur intention de semer le Sulla pour la production du fourrage, si la semence est disponible.

L'analyse des correspondances multiples et la classification ascendante hiérarchique ont montré que la situation géographique, la topographie des sols, le type d'affouragement, la conservation du foin du Sulla et le nombre de bottes de foin récoltées par hectare sont les principales caractéristiques qui discriminent les cinq groupes identifiés (G1, G2, G3, G4 et G5).

La légumineuse Sulla flexuosa selon les 114 répondants est beaucoup plus présente au Centre (42,11%) et à l'Est (31,58 %) de la wilaya de Tizi-Ouzou, ce qui correspond aux terrains bordant les vallées dd l'Oued Sébaou et les terrains n'excédant pas les 600 m d'altitude, ce qui corrobore l'étude phytoécologique réalisée par Abdelguerfi-Berrekia et al. (1991).

Le type d'élevage mixte (Production de lait et de viande) est le plus dominant dans les différentes régions de la wilaya de Tizi-Ouzou. Selon Mouhous et al. (2014), le type mixte constitue un objectif de développement des élevages car il est plus stable ; les revenus sont répartis à parts égales entre le lait et la viande, et il évite ainsi la dépendance à une seule production.

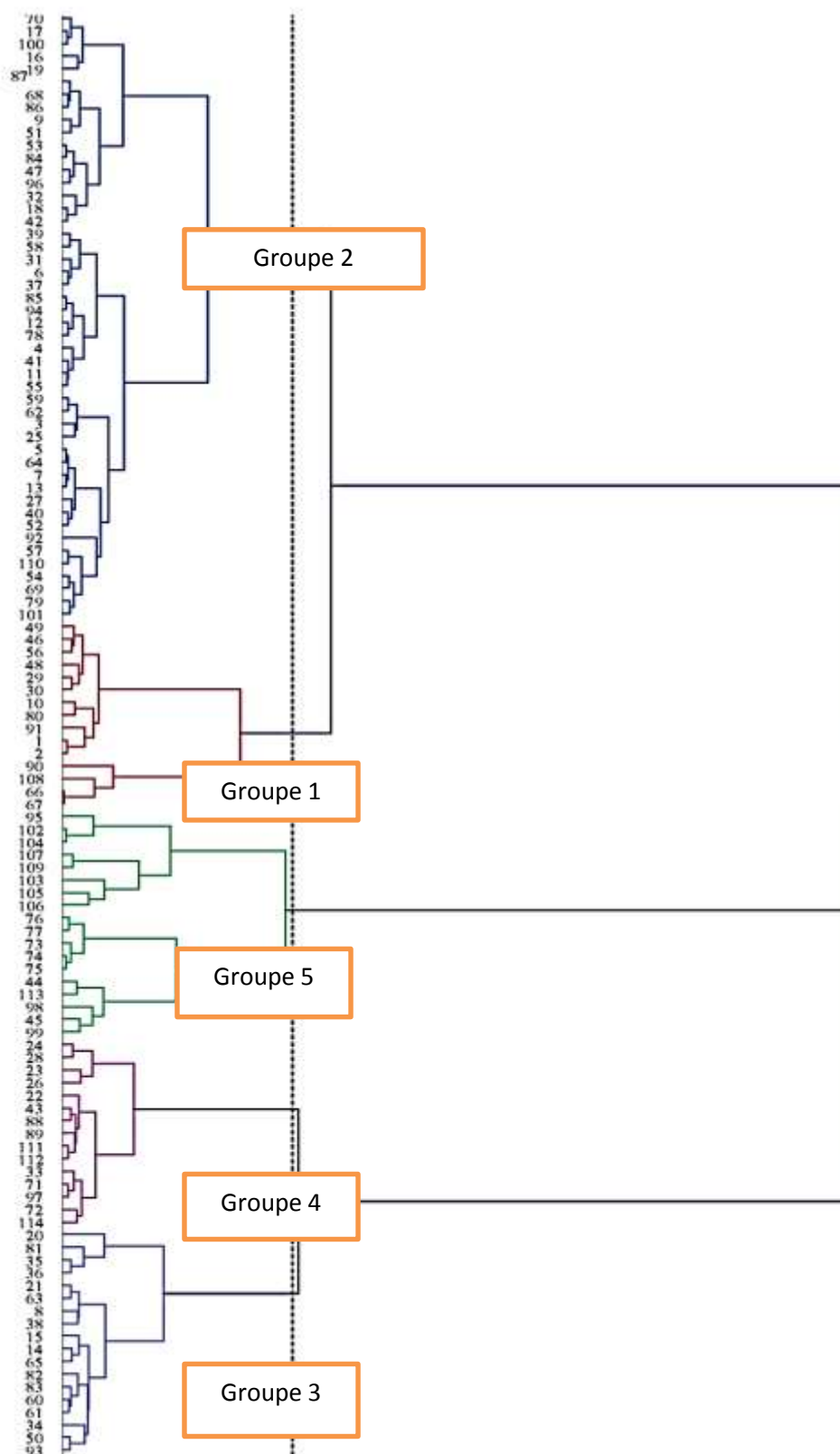


Figure 11 : Dendrogramme des groupes identifiés

4-Conclusion

Cette étude a mis en évidence l'importance de *Sulla flexuosa* comme ressource fourragère spontanée dans l'alimentation du bétail dans cette zone d'élevage. Cette approche participative nous a permis de relever l'importance socio-économique de cette espèce dans la région. Tous les éleveurs enquêtés l'utilisent sous une ou plusieurs formes (en vert, en pâturage ou en affouragement à l'auge et /ou en sec sous forme de foin).

La conjugaison des résultats de la recherche scientifique (sur la morphologie, la phénologie, la biochimie et la valeur nutritive) et du savoir traditionnel et ancestral doit être le socle de tous les programmes de préservation, de sélection, d'amélioration génétique débouchant sur la domestication de *H. flexuosum*.

Dans un contexte de réchauffement climatique et la nécessité d'assurer la sécurité alimentaire, il est impératif de développer des moyens efficaces pour préserver certaines espèces spontanées et de mettre en œuvre des politiques de gestion durable des ressources avec l'apport participatif des populations locales.

Références bibliographiques

- Abdelguerfi A. 1989.** La gestion des milieux naturels et artificiels en Algérie : conséquence sur les ressources phylogénétiques. Ann. Inst. Nat.Agro. El-Harrach. 13 (1), 145-156.
- Abdelguerfi A., Abdelguerfi-Laouar M., Huguet T., Aouani M.E., Abbas K., Madani T., Mhammedi Bouzina M., Merabet B., Feliachi K., Etsouri K. 2004.** Des atouts pour un développement durable dans les zones arides et sahariennes : les ressources génétiques et les savoir-faire Revue des régions arides (numéro spécial), 1 : 8-16.
- Abdelguerfi A., Laouar M. 1999.** Autoécologie et variabilité de quelques légumineuses d'intérêt fourrager et/ou pastoral. Possibilité de valorisation en région méditerranéenne. Pastagens e Forragens, 20 : 81-112.
- Abdelguerfi A., Laouar M. 2000.** Conséquences des changements sur les ressources génétiques du Maghreb. Options Méditerranéennes, Série. A / n°39.
- Abdelguerfi A., Laouar M. 2002.** Les espèces fourragères et pastorales, leurs utilisations au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Editions FAO, 136p.
- 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.
- 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.
- Abdelguerfi A., Ramdane S. A. 2003.** Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité. Projet ALG/97/G31. TOME XI, 241p.
- Abdelguerfi-Berrekia R., Abdelguerfi A. 1986.** Valorisation des ressources phytogénétiques locales d'intérêt fourrager dans l'aménagement des zones de montagnes. Ann. Inst. Nat.Agro. El-Harrach. 10 (1), 1-11.

- Abdelguerfi-Berrekia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., Guittonneau. G.G. 1988.** Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Hedysarum* en Algérie 1. Etude autoécologique. Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, T.I, P.191
- Abdelguerfi-Berrekia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., Guittonneau. G.G. 1991.** Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum* selon certains facteurs du milieu en Algérie. Fourrages, 126: 187-207.
- Ari S., Temel M., Kargioğlu M., 2015.** Ethnobotanical uses of *Phragmites australis* in Afyonkarahisar Province of Western Anatolia (Turkey). Global Journal For Research Analysis, 4 :6, 179-181.
- Bell L., Lloyd D., Bell K., Johnson B., Teasdale K. 2003.** Seed softening in *Hedysarum* spp. New temperate forage legumes with great potential. Australian Society of Agronomy. "Solutions for a better environment". Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference, 2-6 Feb. 2003, Geelong, Victoria. www.regional.org.au/au/asa 1
- 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. Fourrages, 186, 229-240.
- Ben Fadhel N., Boussaïd M., Manakchi M. 1997.** Variabilité morphologique et isoenzymatique de populations naturelles maghrébines d'*Hedysarum flexuosum* L. Al Awamia, 96, 77-90.
- Bonanno A., Di Miceli G., Di Grigoli A., Frenda A.S., Tornambe`G., Giambalvo D., Amato G. 2011.** Effects of feeding green forage of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) on lamb growth and carcass and meat quality. Animal (2011), 5:1, 148–154.
- Bonanno A., Di Grigoli A., Stringi L., Di Miceli G., Giambalvo D., Tornambè G., Vargetto D., Alicata M. L. 2007.** Intake and milk production of goats grazing Sulla forage under different stocking rates. Alicata1 Ital. J. Anim. Sci. Vol. 6, 605-607.
- Bouajila K., Ben jeddi, Sanaa M., 2013.** Valorisation des terres en pente par le sulla du nord (*Hedysarum coronarium* L.) en condition de semis direct et conventionnel. Journal of Agriculture and Environment for International Development – JAEID, 107 (1): 33 – 43.
- Boussaïd K. M., Ben Fadhel N., Marrakchi M. 1992.** Analyse de la variabilité morphologique de *Hedysarum flexuosum* L. in: Complexe d'espèce, Flux de gènes et Ressources des plantes. Colloque International en Hommage à J. Pernès. Paris (France), 583-584.
- Chaves A. V., Woodward S. L., Waghorn G. C., Brookes I. M., Burke J. L. 2006.** Effects on performance of Sulla and/or maize silages supplements for grazing dairy cows. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 19 (9): 1271-1282.
- De Koning C., Crocker G., Schutz P., Edwards N. 2008.** Developing production systems for the newly released varieties of the biennial forage legume Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) Global Issues Paddock Action. Proceedings of the 14th Australian Agronomy Conference. Adelaide South Australia.
- Derridj A., Ghemouri G., Meddour R., Meddour-Sahar O. 2010.** Approche ethnobotanique des plantes médicinales en Kabylie (wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie). Acta horticulturae.
- Di Trana A., Bonanno A., Cecchini S., Giorgio D., Di Grigoli A., Claps S., 2015.** Effects of Sulla forage (*Sulla coronarium* L.) on the oxidative status and milk polyphenol content in goats J. Dairy Sci. 98 :37–46

- Duvigneaud P. 1974.** La synthèse écologique. Doin editeur. France, 296p.
- Girard N. 2006.** Catégoriser les pratiques d'agriculteurs pour reformuler un problème en partenariat Une proposition méthodologique. *Cahiers Agricultures*, 15(3), 261-272.
- Guermah H., Kadi S.A., Berchiche M. 2011.** Carcass quality of rabbits fed diets with increasing level of Sulla (*Hedysarum flexuosum*). ISNH8, Aberystwyth, Wales United Kingdom, 6 - 9 September 2011. Ref.0058.
- Guigma Y., Zerbo1 P., Millogo-Rasolodimby J. 2012.** Utilisation des espèces spontanées dans trois villages contigus du Sud du Burkina Faso. *Tropicultura*, 30, 4, 230-235
- Groom A. 2012.** *Hedysarum flexuosum*. The IUCN Red List of Threatened Species. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T19892375A20077821.en>.
- Issolah R., Beloued A. 2005.** The fodder legumes in Algeria: distribution, endemism and utilization, In Proceedings of the International Conference on "Promoting community-driven conservation and sustainable use of dryland agrobiodiversity", ICARDA, Aleppo, Syria, 18-21 April 2005. Amri A. and Damania A. (Eds.), 71-76.
- Issolah R., Benhizia H., Khalfallah N. 2006.** Karyotype variation within some natural populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53:1653–1664
- Jerković I., Tuberso C.I.G., Gugić M., Bubalo D. 2010.** Composition of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) Honey Solvent Extractives Determined by GC/MS: Norisoprenoids and Other Volatile Organic Compounds. *Molecules*, 15(9), 6375-6385
- Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Oudai H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2012.** Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. 10th World Rabbit Congress - September 3-6, 2012 - Sharm El-Sheikh, Egypt, 507- 511.
- Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2011.** Nutritive value of sun-dried Sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19:151-159.
- Kadi S.A., Guermah H., Mouhous A., Djellal F., Berchiche M. 2015.** Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*): an not well-known forage legume of the Mediterranean coast. Actas AEL nr. 6. EUCARPIA International Symposium on Protein Crops, Pontevedra, Spain, May 4-7 2015, 127- 128.
- Kadi S.A., Mouhous A., Djellal F., Gidenne T. 2017a.** Replacement of barley grains and Dehydrated alfalfa by Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in fattening rabbits diet. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 9(1), 13-22.
- Kadi S. A., Mouhous A., Djellal F., Senhadji Y., Tiguemit N., Gidenne T. 2017b.** Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #086*.
- Kébenzikato A.B., Wala K., Atakpama W., Dimobé K., Dourma M., Woégan A.Y., Batawila K., Akpagana K. 2015.** Connaissances ethnobotaniques du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Togo. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 19(3), 247-261.
- Le Houérou H. N. 2001.** Unconventional Forage Legumes for Rehabilitation of Arid and Semiarid Lands in World Isoclimatic Mediterranean Zones, *Arid Land Research and Management*, 15:3, 185-202.

- Liu P.L., Wen J., Duan L., Arslan E., Ertuğrul K., Chang Z.-Y. 2017.** Hedysarum L. (Fabaceae: Hedysareae) Is Not Monophyletic – Evidence from Phylogenetic Analyses Based on Five Nuclear and Five Plastid Sequences. PLoS ONE 12(1): e0170596.
- Meddour R., Mellal H., Meddour-Sahar O., Derridj A. 2009.** La Flore Médicinale et ses Usages Actuels en Kabylie (wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie) : Quelques Résultats d’une étude Ethnobotanique. Actes du séminaire international Plantes Aromatiques et Médicinales. Revue des Régions Arides, n° Spécial, 181-201
- Medjebeur D., Hannachi L., Ali-ahmed S., Metna B., Abdelguerfi A. 2018.** Effets de la salinité et du stress hydrique sur la germination des graines de *Hedysarum flexuosum* (fabaceae). Revue d’Ecologie (Terre et Vie), 73, 3 :318-329.
- Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T., McNabb W.C. 2003.** Animal Feed Science and The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. Animal Feed Science and Technology, 106 : 3–19.
- Molle G., Decandia M., Fois N., Ligios S., Cabiddu A., Sitzia M. 2003.** The performance of Mediterranean dairy sheep given access to Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) and annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) pastures in different time proportions Small Ruminant Research, 49 : 319–328.
- Mouhous A., Alary V., Huguenin J. 2014.** Stratégies d’adaptation des éleveurs bovins laitiers en zone montagnaise d’Algérie. Revue d’élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 67, 4 : 193-200.
- Mouhous A., Kadi S. A., Belaid L., Djellal F. 2017.** Complémentation de l’aliment commercial par dufourrage vert de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour réduire les charges alimentaires d’élevages de lapins en engraissement. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #115.*
- Vasta V., Nuddab A., Cannas A., Lanza M., Priolo A. 2008.** Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants Animal. Feed Science and Technology ,147 : 223–246.
- Zirmi-Zembri N. et Kadi S.A., 2016.** Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés. *Livestock Research for Rural Development. Volume 28, Article #145.*
- Zvyagina N.S., Dorogina O.V., Catalan P. 2016.** Genetic relatedness and taxonomy in closely related species of Hedysarum (Fabaceae). Biochemical Systematics and Ecology. 69:176-187.

Zirmi-Zembri N., Kadi S.A. 2020. Morphological diversity assessment of five populations of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) harvested at five phenological stages in Kabylie region (Algeria). *Journal of Rangeland Science*, Vol. 10, No. 3, 341-356.

http://www.rangeland.ir/article_672824.html

Journal of Rangeland Science, 2020, Vol. 10, No. 3

Zirmi-Zembri and Kadi /341



Contents available at ISC and SID
Journal homepage: www.rangeland.ir



Research and Full Length Article:

Morphological Diversity Assessment of Five Populations of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) Harvested at Five Phenological Stages in Kabylie region (Algeria)

Nacima Zirmi-Zembri^{A*}, Si Ammar Kadi^B

^A PhD Student, Department of Agronomic Sciences, Faculty of Biological Sciences and Agronomics Sciences, Analytical Biochemistry and Biotechnologies Laboratory (LABAB), Mouloud Mammeri University UN1501, Tizi-Ouzou, Algeria, *(Corresponding author), Email: zembrinacima@gmail.com

^B Professor, Department of Agronomic Sciences, Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences, Analytical Biochemistry and Biotechnologies Laboratory (LABAB), Mouloud Mammeri University UN1501, Tizi-Ouzou, Algeria.

Received on: 28/01/2020

Accepted on: 08/05/2020

Morphological Diversity Assessment of Five Populations of *Sulla* (*Hedysarum flexuosum* L.) Harvested at Five Phenological Stages in Kabylie region (Algeria)

Nacima Zirmi-Zembri^{A*}, Si Ammar Kadi^B

^A PhD Student, Department of Agronomic Sciences, Faculty of Biological Sciences and Sciences Agronomics, Laboratory of Analytical Biochemistry and Biotechnologies (LABAB), Mouloud Mammeri University UN1501, Tizi-Ouzou. Algeria, *(Corresponding author), Email: zembrinacima@gmail.com

^B Professor, Department of Agronomic Sciences, Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences, Analytical Biochemistry and Biotechnologies Laboratory (LABAB), Mouloud Mammeri University UN1501, Tizi-Ouzou. Algeria.

Abstract. *Hedysarum flexuosum* L. is an important forage legume with high nutritive value. The determination of forage production in natural habitats is the most important factor for grazing management. Studies on its habitat characteristics and distribution are scarce. This research was conducted in order to evaluate the extent of pheno-morphological diversity in natural populations of *Hedysarum flexuosum* from different environments throughout Tizi-Ouzou province (Algeria), and to analyse the relationships among the diversity patterns and environmental parameters. Some morphological characters that reflect the behaviour and diversity of biogeographical origin of five natural populations of *Hedysarum flexuosum* collected *in situ* under edaphic and climatic conditions of the region of Kabylie, for five phenological stages (vegetative growth, budding, flowering, seed setting and seed ripening), were determined. The sites have been chosen following the gradient East (Souama), West (Sidi Naamane), North (Timizart), and South (Ait Toudert) and site in the Center (Bousmahel). Plant samples harvested from 12 plants for stems and leaves parameters as a replication in each phenological stage. The parameters were: leaves number per plant, leaves number per stem, stems number per plant, weight of fresh leaves, weight dried leaves, weight of fresh stems and weight dried stems, Leaf/stem ratio for fresh and dry weight, and forage dry yields. Soil samples were analysed to determine pH, EC, total limestone, organic carbon percentage and soil texture. Results showed that this species grows in soils with lime amount between 0.63 to 20%, clay or clay loam texture, acidity from 7.62 to 8.40 and organic matters from 0.21 to 2.54%. Furthermore, results showed significant effect ($p < 5\%$) of *H. flexuosum* populations (sampling sites) and phenological stages on all traits, except leaf/stem ratio (fresh weight and dry weight). The findings of this study can be noticed for proper range management, conservation and development for this valuable species in such conditions.

Key words: *Sulla flexuosa*, Populations, Morphological characters, Phenological stage, Algeria

Introduction

The Mediterranean region is very rich in biodiversity and continues to be the source of new traits, particularly resistance to drought and salinity, sought for improved production of a large number of important crops at the global level, such as legumes. Thus legumes, through their agronomic, food and ecological interests, are currently the focus of international organizations. Bioclimatic variation give rise to very diverse types of vegetation as forests, maquis, matorrals, meadows, pastures, rangelands, grasslands and steppes. The combination of several factors, especially anthropogenic actions associated with climate change causing the decline of biodiversity in the world. In North Africa, the climate has become drier and pastoralists are facing the problem livestock feed. In Algeria, forage and pastoral production is less than livestock needs (Abdelguerfi and Laouar, 1999). The area fodder in the province of Tizi-Ouzou (cultivated and natural fodder) is estimated about 15387 ha and remain insufficient, taking into account the needs of the livestock that count 70274 cattle, 113669 sheep and 38688 goats according to DSA (2019). Algeria has a very rich heritage of spontaneous forage species that, used without any improvement, could mitigate the combined effects of lack of quantity and quality of forage (Abdelguerfi and Laouar, 1999). Inputs of certain species are at the same level, or even better than some fodder resources cultivated (Zirmi-Zembri and Kadi, 2016; Kadi and Zirmi-Zembri, 2016). Therefore, the preservation and valorisation of local phylogenetic resource, particularly *Hedysarum*, could play a significant role in the increase of forage production in Algeria. The use of adapting species is the first step in the long challenges to find solutions to resorb the feed deficit.

Hedysarum flexuosum L., syn. *Sulla flexuosa* [L.] Medik. is part of the genus *Hedysarum*, it is an annual leguminous plant originating from the western Mediterranean region and North Africa (Le Houérou, 2001). There is evidence that forage legumes, as components of mixed grass-legume swards, can provide multiple benefits to agriculture by acting at different stages in the soil-plant-animal- atmosphere system. The species plays a key role in organic production and low-input oriented agriculture, and commonly used to enhance the productivity and sustainability of farming systems. *H. flexuosum* is a multi-use species that could be considered from different viewpoints. There is a growing interest in *Sulla* in traditional and in non-traditional areas (particularly in New Zealand and Australia), due to its excellent adaptability to marginal and drought prone environments (Borreani *et al.*, 2003; Annicchiarico *et al.*, 2008). It is a forage used for grazing (De Koning *et al.*, 2010), hay (Foster, 2010) and silage production (Slim and Ben Djeddi, 2012); and good quality forage, with high protein content (Kadi *et al.*, 2015; Zirmi-Zembri and Kadi, 2020). Because of its spontaneous and uncultivated forage character, *Hedysarum flexuosum*, commonly known as *Sulla*, is unfortunately, ranked on the red list of species at high risk of extinction (Groom, 2012). The aim of the present study was to evaluate the extent of phenological diversity in natural populations of *H. flexuosum* L. from different environments throughout Tizi-Ouzou Province, and to analyse the relationships among the diversity patterns and environmental parameters of the collection sites.

Materials and Methods

Study area

The study was carried out in Tizi-Ouzou province, which is located between 36°43' and 36°91' latitude north and between 3°79' and 4°72' longitude east and covers an area of 3993 km² (Fig. 1). This province is located in the hotspot Kabyles-Numidie-Kroumirie according to Véla and Benhouhou (2007), in the North of Algeria, 100 km east of the capital Algiers. The climate of study area, classified as Mediterranean, is characterized by summer water deficit, growth period in spring and autumn, where the average annual precipitation is around 800 to 1200 mm (ONM, 2020)

Methodology

After investigations followed by an ethnobotanical survey on the use of *H. flexuosum* in animal feed carried out in 2018 in the same region (Zirmi-Zembri and Kadi, 2019), we were able to identify the natural zones of presence of this forage legume. It is on this basis that we selected the representative stations of this study. Five stations were selected following the gradient East (Souama), West (Sidi Naamane), North (Timizart), South (Ait Toudert) and including a site in the Center (Bousmahel) of Tizi-Ouzou province (Table 1 and Fig. 1).

Determination of soil characteristics

Soil sampling was performed using a diagonal randomized method (10 samples at each site) at a depth of 0-10cm and 10-20cm (depending on depth of root development and low depth of mountainous area) in September 2018. For each station, we have formed two composite soil samples that were analyzed in the soil analysis laboratory of Mouloud Mammeri University (Tizi-Ouzou, Algeria) to determine the following characteristics:

Acidity (pH), measured by a pH meter.

Electrical Conductivity (EC) determined using EC meter; it is a tool to estimate soil salinity.

Total limestone and Organic carbon percentage, determined using burning and weighing method (Nelson, 1982).

Soil texture measurements, using a standard lab hydrometer method (SSC-Orstom).

Evaluation of the quality and forage production of *H. flexuosum*

Five populations of *H. flexuosum* were evaluated for some morphological characters and forage dry matter yield. Forage samples were taken at five phenological stages (Fig. 2) according to Zirmi-Zembri and Kadi (2020, Fig.3), including vegetative growth (stage2), Budding (stage 4), flowering (stage 6), seed setting (stage 8) and seed ripening (stage 9) over the five populations. Vegetation sampling was performed using random systematic method, between March and June 2019 in the morning. Samples were transported to the animal nutrition and animal products laboratory of Mouloud Mammeri University (Tizi-Ouzou). Then, we accounted for each 12 plants the number of leaves and stems (LN/P, LN/S, SN/P) and, immediately, separated fresh leaves and stems were weighed (WFL, WFS). To determine the leaves and stems dry weight (WDL, WDS), fresh samples were oven dried at 60°C for 48 hours. Three hundred plants were harvested for the five stages and for the five populations.

To determine the leaf /stem ratio (fresh and dry weight), we divided leaves weight (fresh and dry) over stems weight (fresh and dry) respectively.

To determine fresh yield, a quadrat 50×50 cm randomly laid out in each plot (Fig.2) and plants manually clipped at ground level using a small scythe. The plants from each plot were weighed separately to determine fresh yields of populations for each phenological stages (kg/0.25 m²). These samples were oven dried at 60°C for 48 hours to get dry matter (DM) percentage and forage dry matter yield. The data were then converted to ton/ha.

Statistical Analyses

All statistical analyses were performed using R software.3.6.1. For all measured parameters, differences between the stations and phenological stages (soil and morphological parameters) were calculated using Two-way and/or one-way analysis of variance (ANOVA) and means comparisons were made using Tukey pairwise test ($P \leq 0.05$).

Table1. Geographic and topographic data of prospected populations for morphological analysis of *H. Flexuosum*

Stations	Latitudes	Longitudes	Elevation (m)	Topography	Exposition
Ait toudert	36°32'27.05" N	4°08'48.51" E	372	Slope	South-East
Bousmahel	36°40'54.03" N	4°08'54.42" E	186	Slope	South-West
Sidi naamane	36°45'51.11" N	3°59'59.54" E	110	Slope	South-East
Souamaa	36°38'53.38" N	4°21'11.55" E	340	Slope	South-East
Timizart	36°45'32.71" N	4°14'30.27" E	219	Slope	South-West

N: north; E: east

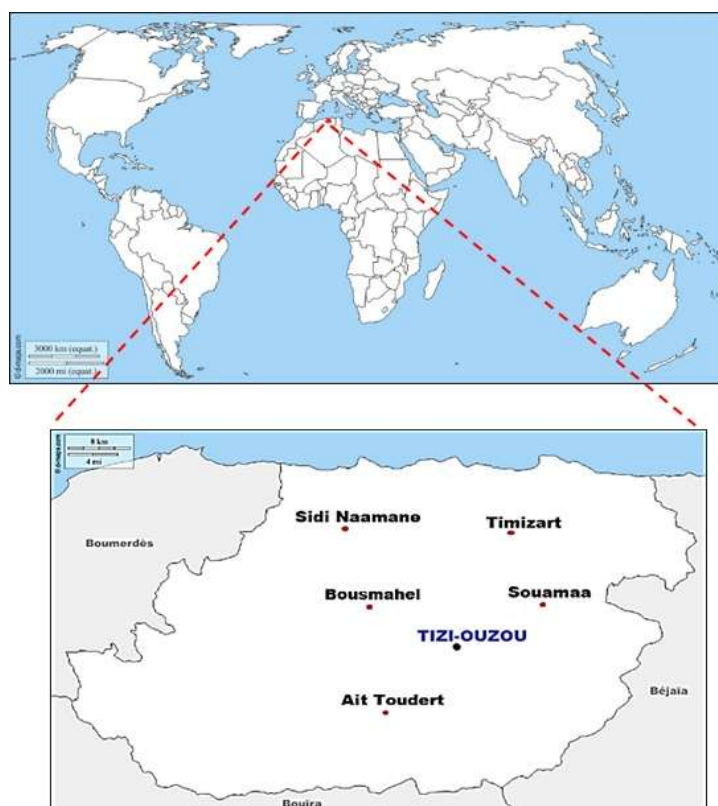


Fig.1. Geographical location of the five stations of *Hedysarum flexuosum* in Tizi-Ouzou province, Algeria

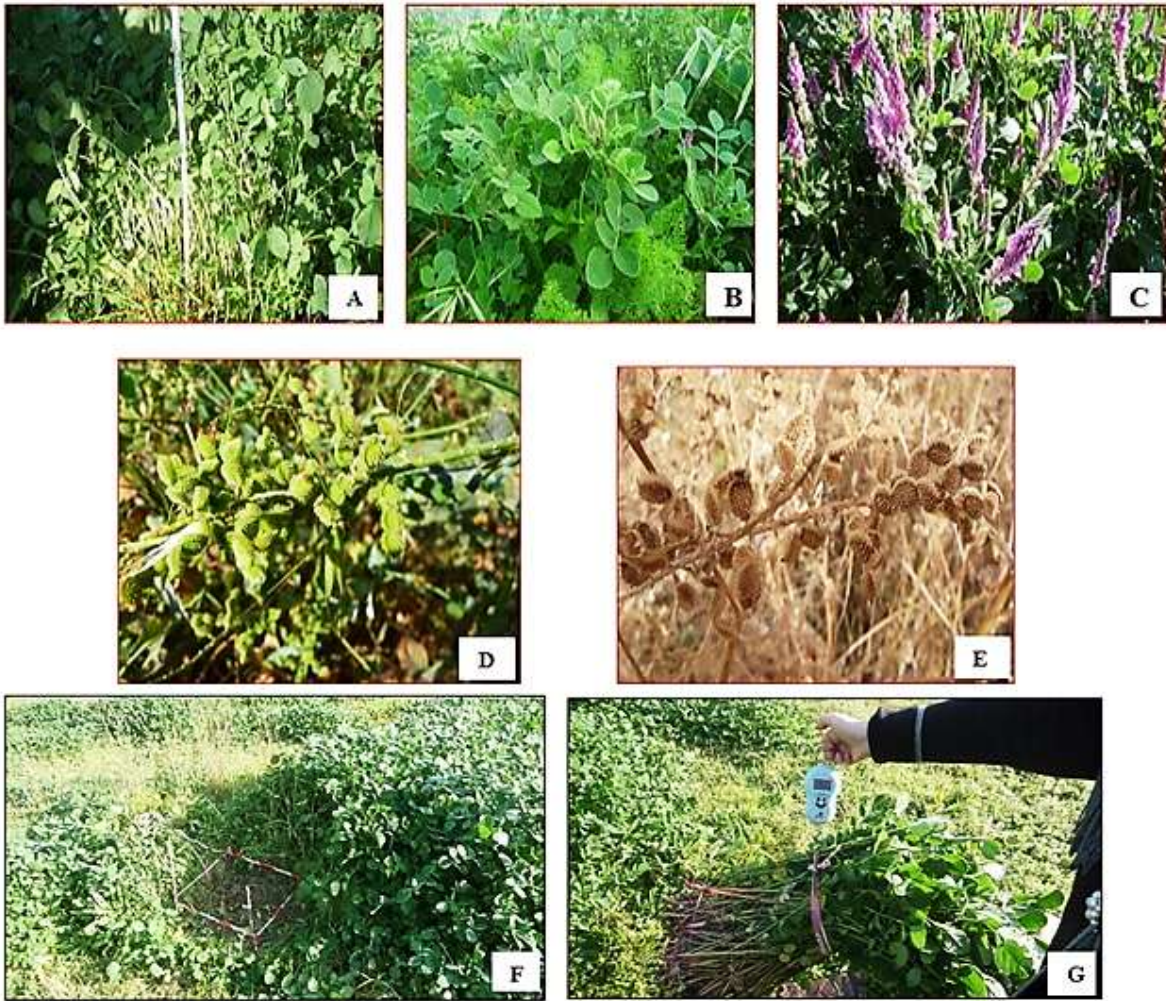


Fig. 2. A, B, C, D and E: Different harvesting stages of *Hedysarum flexuosum*. A-vegetative growth (stage 2), B- Budding (stage 4), C-flowering (stage 6), D-seed setting (stage 8) and E-seed ripening (stage 9), F: quadrat 0.5×0.5 m, g: weighing forage fresh yield



Fig.3. Aspect of *Hedysarum flexuosum* according to phenological stage (Zirmi-Zembri and Kadi, 2020)

Results

Results showed that the five stations of *Hedysarum flexuosum*, located in the province of Tizi-Ouzou, were at altitude of 110 to 372 m above sea level. Abdelguerfi (2002) reported that *H. flexuosum* has never been encountered at more than 600 m altitude. The sites were slope topography and oriented southeast for the populations of Sidi Naamane, Souama and Ait Toudert, while Bousmahel and Timizart populations have a southeast exposure. Tizi-Ouzou province constitutes one of the most wooded in the country (38% afforestation rate), due to favorable bioclimatic conditions (sub-humid and humid).

Soil parameters

According to the results obtained from the analysis of soil properties (Table 2), there were significant differences between the five sites for all traits such as acidity, organic matter percentages (10-20cm) and total limestone ($p < 0.001$). Electrical conductivity and organic matter percentage in depth 0-10cm ($p < 0.01$). There was no significant difference between the means of EC (10-20cm) from the five soils of the stations studied. The mean value of EC oscillates between 141.30 to 178.95 $\mu\text{S}/\text{cm}$, in 0-10cm depth and 119.40 to 137.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in 10-20cm depth.

The five soils are alkaline with acidity ranged from 7.62 to 8.36 in 0-10cm depth and 7.86 to 8.40 in 10-20cm depth. It can be seen from data in Table 2 that soils pH of Ait Toudert (8.32), Bousmahel (8.31) and Timizart (8.36) reported significantly higher than Souama (7.62) and Sidi Naamane (7.80) soils in 0-10cm depth. Concerning soils from the depth of 10-20cm, the trend is the same as for the depth 0-10cm with higher alkalinity (Souama; 7.86; Sidi Naamane: 8.17; Ait Toudert: 8.32; Bousmahel: 8.35 and Timizart: 8.40). The highest value was obtained on Timizart site and the lowest was from Souama.

On the other hand, for total limestone, there was a great variability from soil to another, Sidi Naamane and Souama obtained the minimum value i.e. 0.63%, 3.13% in 0-10cm depth and 1.88%, 0.63% in 10-20cm depth respectively. Bousmahel and Timizart stations obtained the largest percentages with 17.5% in 0-10cm depth and 18.75%, 20% respectively. Nevertheless, Ait Toudert soil presented average values intermediate of total limestone, 10.63% and 9.38%, respectively from depths 0-10cm and 10-20cm.

We also noticed that results of edaphic data showed that the soils of the five areas presented significant differences for organic carbon percentage. For the 0-10 cm depth, the percentage of organic matter divided the five Sulla soils into two groups; Souama, Bousmahel, Ait Toudert and Sidi Naamane dosing the highest values 2.54, 2.33, 2.22 and 2.22% respectively, in contrast, Sidi Naamane presented the lowest rate (1.80 %). More in depth, from 10-20 cm, there is a clear trend of decreasing of the organic matter rates for all the soils of the five stations. The soils of Ait Toudert and Timizart dosed the lowest rates: 0.21% and 0.53% respectively. On the other hand, the soils of Bousmahel and Souama contained the highest percentages (2.12%). The soil of Sidi Naamane presented an intermediate organic matter rate (1.59%) between the two preceding groups of soils.

Soil texture were detailed in Table 3, the clay content was twice as high in Ait Toudert soil than in the other four soils, with 60.52% against (31.26 to 36.37%) respectively in 0-10cm depth. While at 10-20cm depth, Souama (45.16%) and Timizart (59.73%) soils dosed more clay, nevertheless, Ait Toudert, Bousmahel and Sidi Naamane soils stays in the same percentages with the first depth. As a result, all the soil in *Hedysarum flexuosum* habitats was clayey or clayey-loamy texture.

Table 2. Values of soil physico-chemical parameters in five habitats of *H. flexuosum*

Sits	pH		EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)		Total limestone (%)		Organic Matter (%)	
	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm
Ait Toudert	8.32 a	8.32 a	149.85 b	137.70 a	10.63 b	9.38 b	2.22 a	0.21 c
Bousmahel	8.31 a	8.35 a	160.45 ab	128.50 a	17.50 a	18.75 a	2.33 a	2.12 a
Sidi Naamane	7.80 b	8.17 b	178.95 a	123.55 a	0.63 d	1.88 c	2.22 a	1.59 b
Souama	7.62 c	7.86 c	174.65 a	119.40 a	3.13 c	0.63 d	2.54 a	2.12 a
Timizart	8.36 a	8.40 a	141.30 b	130.55 a	17.50 a	20.00 a	1.80 b	0.53 c
SEM	0.08	0.06	3.80	1.96	1.90	2.14	0.06	0.21
P value	<0.001	<0.001	<0.01	0.145	<0.001	<0.001	<0.01	<0.001

a, b, c, d Means in a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Soil texture in the five stations of *H. flexuosum*

Stations	0-10cm			10-20cm			Soil texture
	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	
Ait Toudert	60.52	26.24	13.24	58.99	28.44	12.57	clayey
Bousmahel	31.26	37.89	30.85	33.86	33.58	32.56	Clayey loam
Sidi Naamane	37.10	25.61	37.29	33.99	27.52	38.49	Clayey loam
Souama	31.57	52.99	15.44	45.16	40.47	14.37	Clayey loam
Timizart	37.36	42.05	20.59	59.73	23.77	16.50	clayey

Agronomic traits and forage production of *Hedysarum flexuosum*

The results of two way ANOVA as shown in Table 4 presented significant differences among phenological stages, locations and location by phenological stages for all traits ($P < 0.01$).

Table 5 displays the results between the phonological stages. The higher mean values for leaf number per plant was obtained in flowering and seed setting stages (59.80 and 66.42) respectively, followed by budding stage (40.48) and lowest leaf number was found at seed ripening and late vegetative stages (26.63 and 19.13). Another important parameter leaf number per stem divided harvested stages to three groups, first which included seed setting (9.30), vegetative (8.61) and flowering (8.15) stages, secondly budding stage (6.46) and finally seed ripening stage (3.09).

Regarding stem number per plant, we noticed two groups; the first is composed only late vegetative stage with the lowest value (2.07), however second group is represented by budding, flowering, seed setting and seed ripening stages (6.84, 7.93, 8.04 and 7.03 respectively).

In addition, budding stage recorded the highest leaves fresh weight (57.38g) followed by flowering (50.58g), late vegetative (41.88g), than seed setting (19.71g); in contrast, the seed ripening registered the lowest value (4.26g). However, the phenological stage effect according to stem fresh weight, can be divided into several groups, first composed the highest value, measured at flowering stage (112.28g), then budding (106.23g), followed by seed setting stage (91.14g) and the last group, included seed ripening (30.68g) and late vegetative stages (24.38g). Leaves dry weight was important at budding (8.10g) and flowering (8.34g) stages and minimum at seed setting (4.88g) and seed ripening (3.52g). Late vegetative stage with 5.85g obtained the intermediate value. Whereas DWS was highest at seed setting (18.25g) and seed ripening stages (16.33g), then flowering (12.90g) and budding (11.58g) stages ensued. Finally, with 2.33g of stem dry weight was weighed from late vegetative stage.

The values of leaf/stem ratio was clearly, most important for late vegetative stage (2.03 fresh weight and 3.19 dry weight), then we found budding (0.54 fresh weight and 0.78 dry weight) and flowering stages (0.44 fresh weight and 0.65 dry weight). Lowest stages composed of seed setting (0.19 fresh weight and 0.22 dry weight) and seed ripening (0.10 fresh weight and 0.15 dry weight). The results, as shown in Table 6, indicate a significant difference between the studied populations (locations), for all of traits ($p < 0.01$) except leaf/stem ratio (fresh weight and dry weight).

Overall, these results reveal differences between different parameters of the five populations of *Hedysarum flexuosum*. Three groups stand out, the first group with the lowest values grouping the populations of Sidi Naamane and Souama leaf number per plant: 31.54 and 35.79; stem number per plant: 4.66 and 5.27; leave fresh weight: 31.39 and 30.42; stem fresh weight: 65.19 and 56.76; leaves dry weight: 4.05 and 4.57; stem dry weight: 10.29 and 10.43, respectively). However, Ait Toudert and Bousmahel populations presented the highest values (leaf number per plant 43.64 and 47.28; stem number per plant: 7.28 and 7.62; leave fresh weight: 55.75g and 40.04g, stem fresh weight: 96.92g and 86.41g; leave dry weight: 8.59g and 7.10g; stem dry weight: 14.94g and 16.56g respectively). On the other hand, it has been noted for Timizart population intermediate values (leave number per plant: 42.26; stem number per plant: 6.53; leave fresh weight: 43.67g; stem fresh weight: 79.99g; leave dry weight: 6.67g and stem dry weight: 12.40g).

The value of leaf number per stem was higher in Timizart station (9.03), followed by Souama with intermediate value (8.06) and finally the lowest value were registered from Bousmahel, Sidi Naamane and Ait Toudert populations (6.77, 7.11 and 7.14 respectively).

What stands out in figure 4, 5, 6, 7, 8 and 9 is the global view of the evolution of agronomic traits (leaves number per plant, stems number per plant, weight of fresh leaves, weight dried leaves, weight of fresh stems and weight dried stems) of *Hedysarum flexuosum* in the five stations (Ait toudert, Bousmahel, Sidi Naamane, Souamaa and Timizart) for the five phenological stages (vegetative, Budding, flowering, seed setting and seed ripening).

Forage yield in Souama, Timizart, Ait Toudert was average, ranging from 21 to 25 T DM.ha⁻¹ (Fig. 10). The most productive population was Bousmahel population, with the mean for the five stages that was 37 tons DM. ha⁻¹, while the least productive population, with up to 20 tons DM.ha⁻¹ was Sidi Naamane population. Results showed that this species product a forage dry yield between 18 to 37 tons DM per hectare (Fig.10). The DM yields of the fives populations of this legume at a particular harvest stage are influenced by the environmental conditions and utilisation pattern.

Table 4. Summary of two-way ANOVA and level of significant MS for leaves and stem production of *H. flexuosum* harvested at five phenological stages in 5research station in Kabylie region

SOV	D F	Leave No./pl ant	Leave No./St em	Stem No./pl ant	Leaves FW	Stem FW	LSR FW	Leave s DW	Stem DW	LSR DW
Phenologi cal stage	4	17499 4**	1467.7 **	1685.7 **	12217 6**	49543 0**	128.9 **	1692. 6**	12099. 1**	318.0 6**
Location	4	33569* *	18.95**	540.8**	16299* *	76537* *	6.05	724.8* *	3344.5 **	15.12
Stage x Region	16	15255* *	397.2**	409.4**	10223* *	85377* *	20.9* *	426.5* *	2587.4 **	36.18* *

*Significant at P < 0.05, ** Significant at P < 0.01, LSR= leaf/stem weight ratio, FW= fresh weight, DW= dry weight

Table 5. Mean comparison among five phenological stages for leaves and stem production of *H. flexuosum* averaged over 5 research stations in Kabylie region

Phenological Stages	Leave No/ plant	Leave No./Stem	Stem No /plant	Leaves FW (g)	Stem FW (g)	LSR FW	Leaves DW(g)	Stem DW(g)	LSR DW
Late vegetative	19.13 c	8.61a	2.07b	41.88b	24.38c	2.03a	5.85b	2.33c	3.19a
Budding	40.48 b	6.46b	6.84a	57.38a	106.23ab	0.54b	8.10a	11.58b	0.78b
Flowering	59.80 a	8.15a	7.93a	50.58ab	112.28a	0.44bc	8.34a	12.90b	0.65b
Seed setting	66.42 a	9.30a	8.04a	19.71c	91.14b	0.19cd	4.88bc	18.25a	0.22c
Seed ripening	26.63 c	3.09c	7.03a	4.26d	30.68c	0.10d	3.52c	16.33a	0.15c

Means, within columns, followed by the different letter are significantly different (P<0.05). LSR= leaf/stem weight ratio, FW= fresh weight, DW= dry weight

Table 6. Mean comparison among five stations for leaves and stem production of *H. flexuosum* averaged over five phenological stages in Kabylie region

Locations	Leave No/ plant	Leave No./Stem	Stem No/plant	Leaves FW (g)	Stem FW (g)	LSR FW	Leaves DW(g)	Stem DW(g)	LSR DW
Ait Toudert	43.64ab	7.14b	7.28a	55.75a	96.92a	0.73a	8.59a	14.94a	0.58a
Bousmahel	47.28a	6.77b	7.62a	40.04b	86.41ab	0.51a	7.10a	16.56a	0.43a
Sidi Naamane	31.54b	7.11b	4.66c	31.39b	65.19bc	0.58a	4.05b	10.29b	0.63a
Souamaa	35.79ab	8.06ab	5.27bc	30.42b	56.76c	0.58a	4.57b	10.43b	0.64a
Timizart	42.26ab	9.03a	6.53ab	43.67ab	79.99ac	0.73a	6.67a	12.40ab	0.53a

Means, within columns, followed by the different letter are significantly different (P<0.05). LSR= leaf/stem weight ratio, FW= fresh weight, DW= dry weight

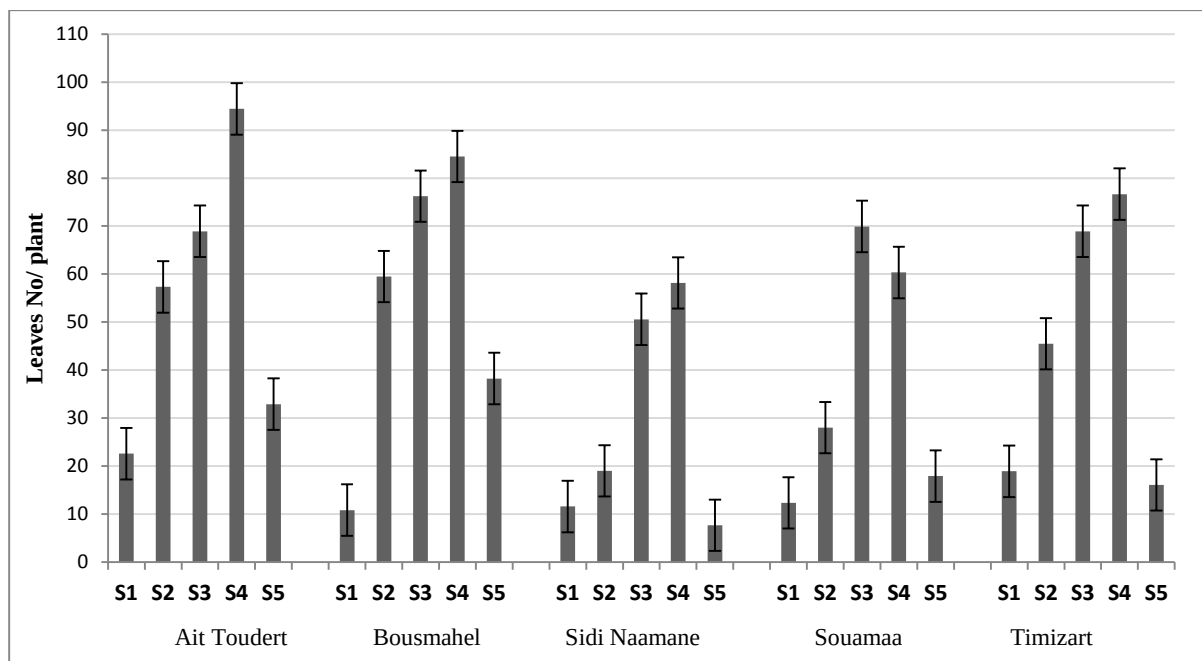


Fig. 4. Mean of leaves number per plant in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

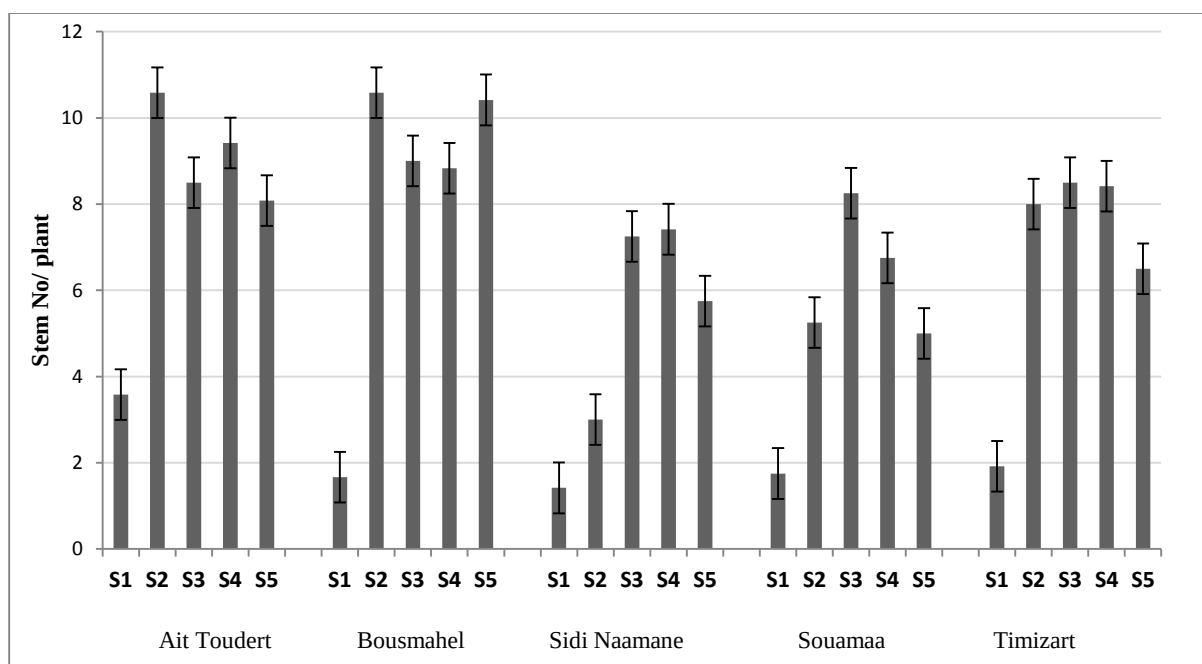


Fig. 5. Mean of stems number per plant in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

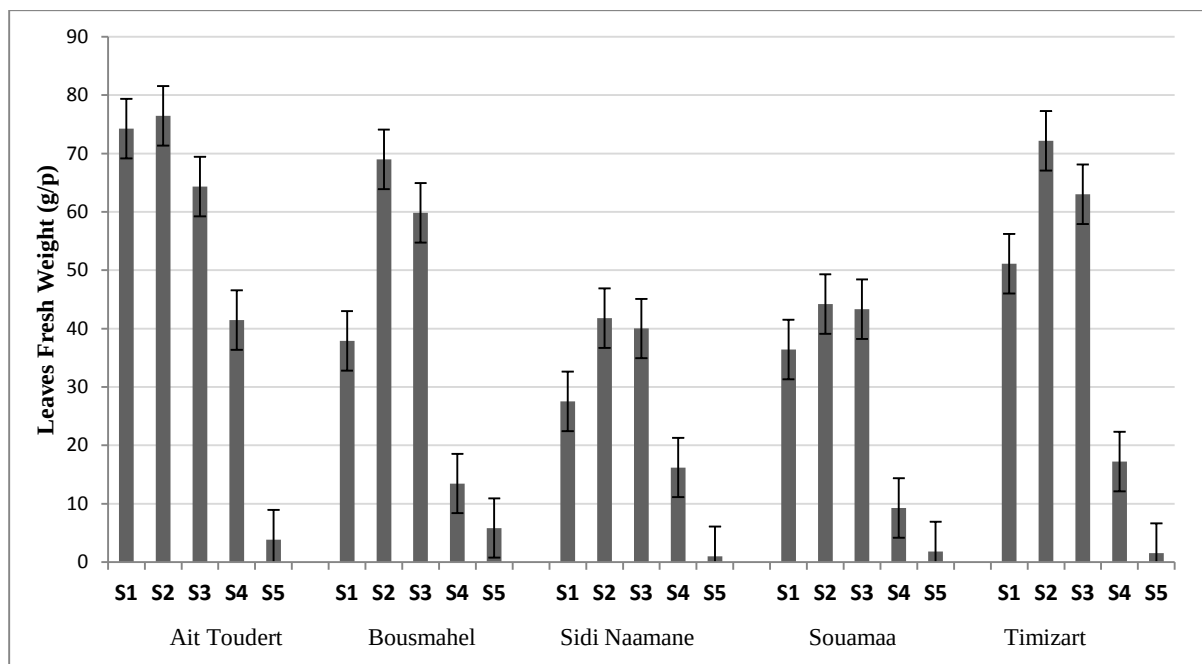


Fig. 6. Mean of leaves fresh weight in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

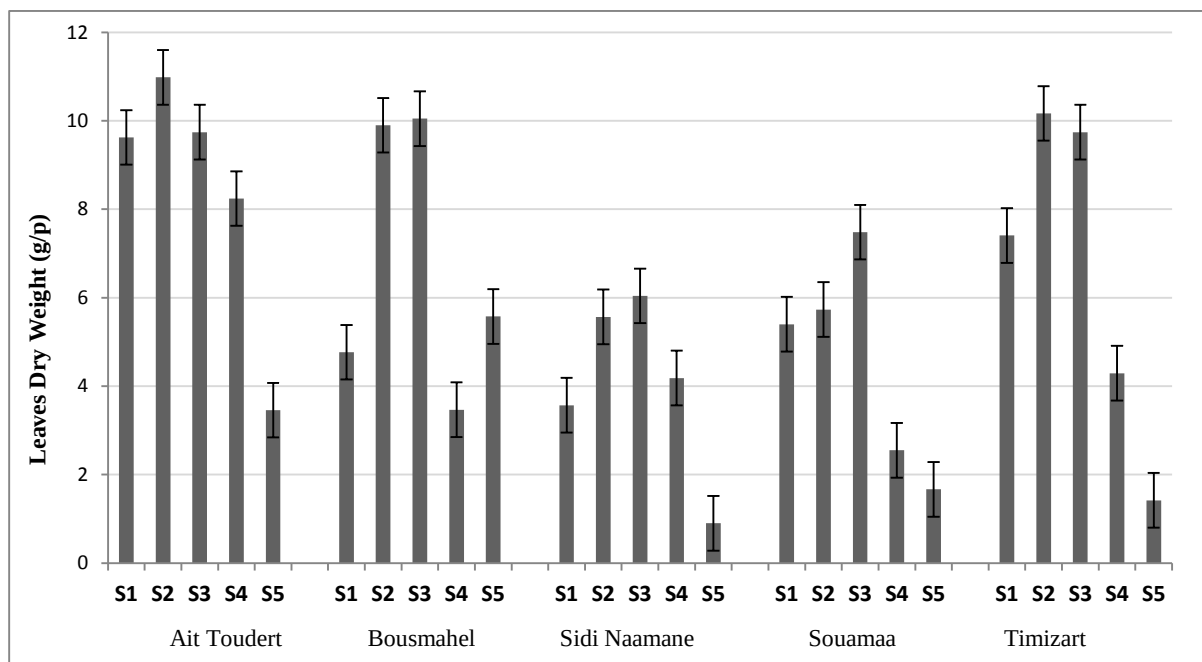


Fig. 7. Mean of leaves dry weight in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

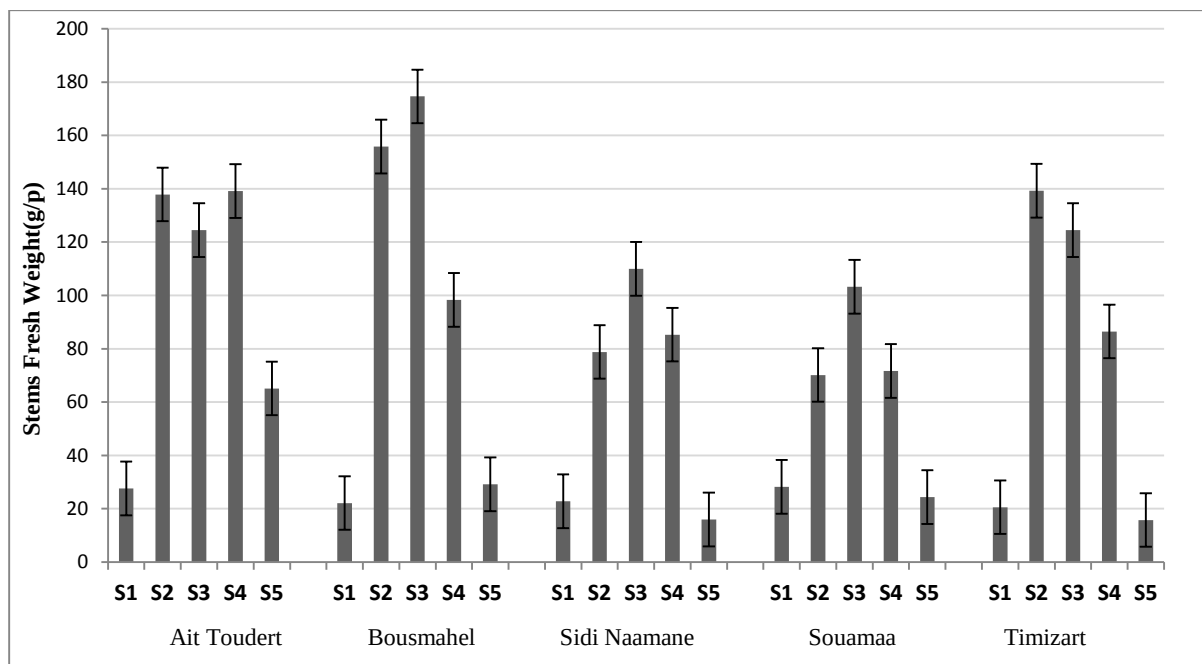


Fig. 8. Mean of stems fresh weight in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

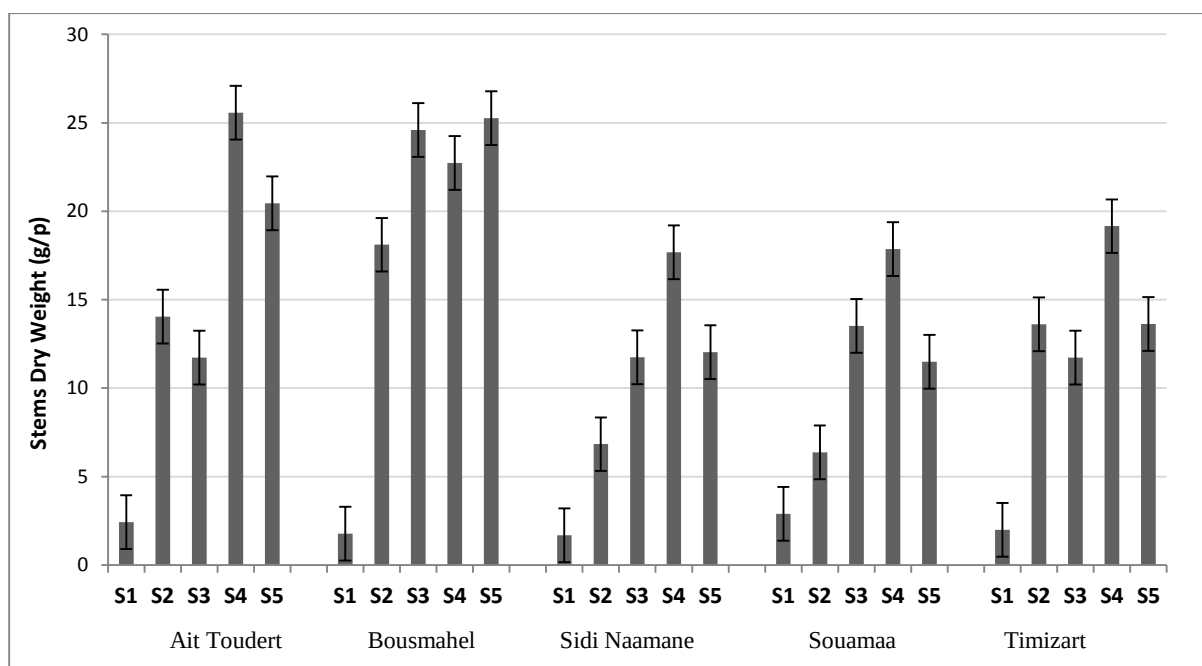


Fig. 9. Mean of stems dry weight in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

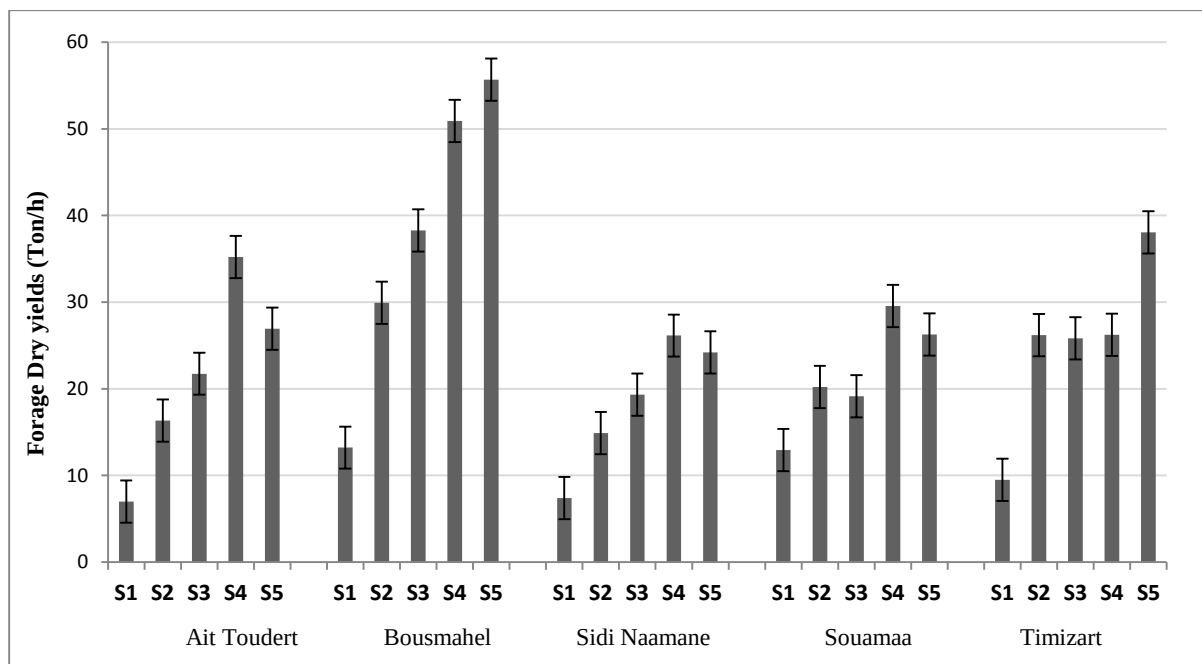


Fig. 10. Mean of forage dry matter yield in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

Discussion

Pastoralists used *H. flexuosum* species in green, pasture or forage at trough and/ or dry in form of hay in different phenological stages, from late vegetative stage to seed ripening stage. A better knowledge of forage legume physiology in different environments is necessary to exploit their potential, *H. flexuosum* is a winter growing legume, here in Kabylie region, and few studies have assessed *H. flexuosum* characteristics. Based on the findings of this research, result of analyses of variance showed a high variation ($P < 0.01$) of the physical and chemical characteristics between the different soils of the five populations of *H. flexuosum* except EC. On the other hand, results of edaphic data showed that the soil of the five areas had differences with each other for organic carbon (percentage), lime amount and soil texture. According to laboratory analyses results of soil properties (Table 2), *H. flexuosum* grows often in Kabylie region with clayey or clayey loamy soil texture. The results showed that this species grows in soils with lime amount between 0.63% to 20%, acidity from 7.62 to 8.40 and organic matters from 0.21% to 2.54%. Our results agree with the finding of Abdelguerfi-Berrekia *et al.* (1991) who showed that this species grows on soils with average pH 7.93, and a limestone content total less than 20%. *H. flexuosum* is common on soils rich in clay with an average of 34.9%, which indicates that the texture is fine to very fine. Its location in certain regions would be due to the specific requirements of the species and/or the Plant/ Rhizobium pair. A two-way ANOVA revealed significant at $P < 0.01$ differences between five harvested stages. We have noticed that the number of leaves changes irregularly, increased at the beginning of the cycle until the beginning of budding, then this parameter increases in the seed ripening phase, the highest values noticed between budding and seed setting stages, finally, decrease towards haymaking. This means that the best operating period is between late budding and seed setting, however,

Borreani *et al.* (2003), who studied the relationship between the composition of dry matter and the stage of development, have shown that the preferable stage is between stages 4 (budding) and 5 (early flowering). Leaf/stem ratio fresh weight higher than 1 means that the plants have invested more for the foliage production, which is sought after for fodder intended for green feed and provides fodder quality. The data in Table 5, showed that the number of stems evolve with the development of the plant. Then we noticed a drop which is due to the withering of some secondary axes and ramifications probably caused by the decrease in soil water reserves which no longer reach full coverage, therefore we have witnessed the withering of the stems and ramifications less vigorous. The ratio fresh weight found oscillate between 0.10 to 2.03 from five stages and 0.51 to 0.73 from stations. These results agree with the results of Borreani *et al.* (2003) who states that *Sulla* has a high growth rate in the reproductive phase. The leaf/stem ratio decreases with development and this is due to the accumulation of raw cellulose more in the stems than in the leaves. In addition, results reflect those of Moussaouali and Hamdi Aissa (2017) who also found that leaf/ stem ratio fresh weight for 20 populations of *Sulla coronaria* at flowering stage varying from 0.81 (El Tarf) to 1.28 (Ghardaia). Leaf/stem ratio dry weight of *H. flexuosum* from the five stations was ranged (0.15 to 3.19) and from the five populations (0.53 to 0.64), this study produced results which corroborate the findings of Abdelguerfi (2002) who reported leaf/stem ratio oscillating between 0.44 and 1.32 from 17 populations of *Sulla coronaria*.

There were highly significant inter-population differences among natural *Sulla* populations in Kabylie region for most of the recorded pheno-morphological traits, variance analyses performed on the variables showed a very significant population effect reflecting the phenotypic variability between the five populations (Table 6). Ben Fadhel *et al.* (1997) associate this variability with the preferentially allogamous regime of the species; the numerous hybridizations would be at the origin of the genotypic diversity observed. Bousmahel and Ait Toudert populations were presented, by far, the highest characteristics, including yield. The phenotypic expression of a population depends on its genotype combined with pedo-climatic characteristics. Berrekia *et al* (1989) found that some *H. flexuosum* characters seem dependent on a stable genetic determinism, which is expressed whatever either the environment, it follows that certain morphological types can also be identified, as part of a selection, in relation to the conditions of the original environment. In addition, biomass superiority of Bousmahel population probably would be due to the soil characteristics; rich in organic matter >2 %, PH > 8.30 and the total limestone: 17.5 to 18.75%. The forage dry yield obtained is high (mean oscillate between 10 and 34 t DM.Ha⁻¹), with peaks of 55 t DM. Ha⁻¹ recorded for Bousmahel population; while in Australia, under ideal conditions of moisture and temperatures, *Sulla* can produce up to 10 t DM.Ha⁻¹ in the first year and over 20 t DM-ha⁻¹ in the second year (De Koning *et al.*, 2010). Our study focused on some pheno-morphological characteristics of five populations of *H. flexuosum* from the Tizi-Ouzou region, has shown that these populations presented very remarkable specificities, in particular as regards vegetative development for all of traits and reveal than populations possess a high fodder production capacity, therefore he would be very interested in enhance. Indeed, our observations have shown that *Sulla* allows a very good forage production without additional water supply.

Conclusion

The analysis of the morphological variation of some natural population of *H. flexuosum* in Algeria has for principal objective to understanding the diversity of this spontaneous forage resource, which is widely used in livestock feeding in this rearing area. A better knowledge of developmental morphology and quality changes of *H. flexuosum* in different environments is necessary to optimize its potential for livestock production. The results recorded in this study will contribute to valorize and develop *H. flexuosum* in the marginal, isolated and deprived areas. The pheno-morphological and agronomic diversity observed among the Sulla accessions suggest a high fodder potential, which could be used to provide valuable materials for breeding programs aimed at Sulla improvement for Mediterranean environments. Conversely, this study provides a foundation for developing characterization and conservation strategies for the Sulla diversity present in different areas of Tizi-Ouzou province.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the helpful and valuable suggestions of A. Jafari, the editor-in-chief of the journal, in improving the paper and the two anonymous reviewers' valuable comments.

References

- Abdelguerfi A., 2002. Genetic resources of pastoral and/or forage interests: distribution and variability in spontaneous legumes (*Medicago*, *Trifolium*, *Scorpiurus*, *Hedysarum* and *Onobrychis*) in Algeria, Doctoral thesis, INA, El-Harrach, Algiers, 431 p. (In French)
- Abdelguerfi, A., Laouar, M., 1999. Autoecology and variability of some fodder and/or pastoral legumes. Possibility of valorization in the Mediterranean region. *Pastagens e Forragens*, 20, 81-112. (In French)
- Abdelguerfi-Berrekia, R., Abdelguerfi, A., Bounaga, N., Guittonneau G.G., 1991. Distribution of spontaneous *Hedysarum* sp. in Algeria according to some environmental factors. *Fourrages*, 126, 187-207. <http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=1039&statut=0> (In French)
- Annicchiarico, P., Abdelguerfi, A., Younes, M. B., Bouzerzour, H., Carroni, A. M., Pecetti, L., Tibaoui, G., 2008. Adaptation of Sulla cultivars to contrasting Mediterranean environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59(8), 702-706.
- Ben Fadhel, N., Boussaid, M., Manakchi, M., 1997. Isozym and morphological variability of natural Maghrebin populations of *Hedysarum flexuosum* L. *Al Awamia*, 96, 77-90. <https://www.inra.org.ma/sites/default/files/09609.pdf> (In French)
- Berrekia, R., Abdelguerfi, A., Bounaga, N., Guittonneau G.G., 1989. Contribution to the study of spontaneous species of *Hedysarum* L. genus in Algeria. IV. Biometric study of some populations of *H. coronarium* and *H. flexuosum* in behavioral tests and in their native environment. *Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach*, 13(2), 506 - 531. <http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1227/1/ia00p422.pdf> (In French)

Borreani, G., Roggero, P.P., Sulas, L., Valente, M.E., 2003. Quantifying morphological stages to predict the nutritive value in Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). *Agronomy Journal*, 95(6), 1608-1617.

De Koning, C., Yates, R., Wurst, M., 2010. Sulla (*Hedysarum coronarium*) Management Package. SARDI with funding from Pastures Australia.

DSA Tizi-Ouzou, 2019. Agricultural statistics, E series.

Foster, K., 2010. Sulla (*Hedysarum coronarium*). Department of Agriculture and Food Western Australia, Bulletin 4690, Perth.

Groom, A., 2012. *Hedysarum flexuosum*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2012: e.T19892375A20077821.

<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T19892375A20077821.en>

Kadi, S. A., Zirmi-Zembri, N., 2016. Nutritive value of the main forage resources used in Algeria. 2- Fodder trees and shrubs. *Livestock Research for Rural Development*. Vol 28, Article#146. <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/kadi28146.html> (In French)

Kadi, S.A., Guermah H., Mouhous A., Djellal F., Berchiche M., 2015. *H. flexuosum* (*Hedysarum flexuosum*): an not well-known forage legume of the Mediterranean coast. *Actas AEL* nr. 6. EUCARPIA International Symposium on Protein Crops, V Meeting AEL, Pontevedra, Spain, May 4-7 127-128. https://zenodo.org/record/1254012/files/OilandProteinCrops2015_Pontevedra%2C%20abstracts.pdf?download=1

Le Houérou, H. N., 2001. Unconventional Forage Legumes for Rehabilitation of Arid and Semiarid Lands in World Isoclimatic Mediterranean Zones. *Arid Land Research and Management*, 15(3), 185-202.

Moussaouali, B., Hamdi Aïssa, B., 2017. Characterising the functional response of Sulla coronaria L. to agroecological conditions in the Algerian Sahara. *Fourrages* (232), 341-345. https://afpf-asso.fr/index.php?secured_download=2242&token=c16b0ba6e27c1efb0d74a94026afe433 (In French)

Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. In: *Methods of Soil Analysis*. Part II. Page, A. L. (Ed.). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. *Agriculture. Natural Resource*, 12(44), 123-134.

ONM, 2020. National Meteorological Office, Boukhalfa station, Tizi-Ouzou.

Slim, S., Ben Jeddi, F., 2012. Effect of field wilting and conditioning of Sulla forage (*Hedysarum coronarium* L.) on the quality of its silage *Fourrages*, 210, 159-165. https://afpf-asso.fr/index.php?secured_download=1978&token=c16b0ba6e27c1efb0d74a94026afe433 (In French)

SSC-Orstom, undated. Analytical methods used in the Soil Physics Laboratory, 30p. Multigr. Rapport. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-11/16886.pdf (In French)

Véla, E., Benhouhou S., 2007. Assessment of a new hotspot for plant biodiversity in the Mediterranean basin (North Africa). C. R. Biologies, 330, 589–605. (In French)

Zirmi-Zembri, N., Kadi, S. A., 2016. Nutritive value of the main forage resources used in Algeria. 1- The herbaceous natural fodders. Livestock Research for Rural Development. Vol 28, Article #145. <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/zemb28145.html> (In French)

Zirmi-Zembri, N., Kadi, S.A., 2019. Use of *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*) by breeders in Kabylia (Algeria). Joint meeting of the FAO-CIHEAM Network for Research and development in sheep and goats (sub networks on Nutrition and Production Systems) and the FAO-CIHEAM Subnet work for the research and development of Mediterranean pasture and forage resources. Morocco 23-25 October 2019.

Zirmi-Zembri, N., Kadi, S.A., 2020. Chemical Composition and Nutritive Value of *Hedysarum flexuosum* L. Harvested at Different Phenological Stages. J. Fundam. Appl. Sci., 12(1S), 89-107. <https://www.jfas.info/index.php/JFAS/article/download/646/247/> (In French)

Zirmi-Zembri N., Kadi S.A. Valeur Nutritive de cinq populations naturelles de *Sulla flexuosa* L. de la région de Kabylie ; centre nord de l'Algérie. Soumis pour publication dans la revue *Fourrages* (<https://afpf-asso.fr/revue-fourrages>)

.

Valeur Nutritive de cinq populations naturelles de *Sulla flexuosa* L. de la région de Kabylie ; centre nord de l'Algérie

N. Zirmi-Zembri, S.A. Kadi

Les rives nord et sud de la méditerranée regorgent d'espèces fourragères spontanées très intéressantes et caractérisées, à l'instar d'*Hedysarum flexuosum*, par une haute valeur nutritive, une adaptation aux conditions pédoclimatiques et la capacité de répondre aux attentes des éleveurs ainsi que celles des politiques agricoles, surtout avec les changements climatiques.

RÉSUMÉ

La composition chimique et la valeur nutritive de cinq populations de *Sulla flexuosa*, légumineuse spontanée, utilisée par les éleveurs de la région de Kabylie au Centre-nord d'Algérie (Ait Toudert, Bousmahel, Sidi Naamane, Souama et Timizart) ont été déterminés (stades végétatifs et fructification) dans le but de valoriser cette Fabacée. Le *Sulla flexuosa* en vert est riche en matières azotées totales (21,82% MS) particulièrement dans la région d'Ait Toudert. Dans les cinq régions de collecte, la digestibilité de la matière organique du *Sulla* (en vert et en foin) est très élevée ; sa composition chimique et ses valeurs fourragères (UFL, UFV, PDIE et PDIN) sont aussi intéressantes. Cette légumineuse est un excellent fourrage qui peut participer à la résorption du déficit fourrager que connaît l'Algérie.

SUMMARY

Feed value of five natural populations of *Hedysarum flexuosum* L. from the Kabylie region, north-center Algeria.

The chemical composition and nutritional value of five populations of *Sulla flexuosa*, a spontaneous legume, used by pastoralists in the Kabylie region in north-central Algeria (Ait Toudert, Bousmahel, Sidi Naamane, Souama and Timizart) were determined (vegetative stages and fruiting stages) in order to enhance this Fabaceae. *Sulla flexuosa* in green is very rich in crude protein (21.82% DM), particularly in Ait Toudert region. In the five collection regions, the digestibility of the organic matter of the *Sulla* (in green and in hay) is very high; its chemical composition and forage values (UFL, UFV, PDIE and PDIN) are also interesting. This legume is an excellent fodder, which can contribute to the absorption of the fodder deficit experienced by Algeria.

Introduction

Les légumineuses constituent la troisième grande famille des phanérogames en terme de nombre d'espèces et se subdivisent en trois sous familles dont celle des Fabacées qui est très dominante (98%) dans la flore spontanée méditerranéenne (Le Houérou, 2006). Les légumineuses spontanées d'intérêt fourrager et pastoral occupent une place importante dans la flore du bassin méditerranéen d'où l'intérêt de la valorisation de ces ressources phytogénétiques par leur introduction au niveau des terres réservées aux cultures fourragères ou aux niveaux des jachères, des parcours et steppes (Abdelguerfi et Laouer, 1999).

L'Algérie se caractérise par une grande diversité de microclimats et de milieux qui ont permis une grande diversité biologique. La région de Kabylie, localisée selon Véla et Benhouhou (2007) dans le point chaud de biodiversité «Kabylie-Numidie-Kroumirie», renferme plusieurs espèces d'intérêt pastoral et fourrager dont *Hedysarum flexuosum* syn. *Sulla flexuosa* qui a fait avec d'autres espèces l'objet d'études écologiques (Abdelguerfi-Berrakia et al, 1991) et caryologiques (Abdelguerfi-Berrakia et al, 1988). Les populations naturelles d'*Hedysarum flexuosum*, de port érigé (facilitant le fauchage), assurent un pâturage hivernal et printanier de bonne valeur nutritive (Abdelguerfi-Berrakia et al, 1991).

AUTEURS

Département des sciences Agronomiques, Faculté des sciences biologiques et Agronomiques. Laboratoire d'Analyses biochimie Analytique et biotechnologies (LABAB), Université Mouloud Mammeri UN1501, Tizi-Ouzou, Algérie.

MOTS CLÉS : Algérie, composition chimique de la plante, digestibilité, facteur milieu, foin, fourrage, légumineuse, pâturage, *Sulla flexuosa*, valeur alimentaire.

KEY-WORDS : Algeria, chemical composition of the plant, digestibility, environmental factor, feeding value, forage, grazing, hay, legume, *Sulla flexuosa*

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Zirmi- Zembri N., Kadi S.A. (2020) : «Valeur alimentaire des populations naturelles de *Sulla flexuosa* (L.) du nord-centre d'Algérie», *Fourrages*, xxx, xxx-xxx.

Les études concernant le volet composition chimique et valeur nutritive du *Sulla flexuosa* sont rares. La première, réalisée par Goumiri et Abdelguerfi (1989), donne la composition chimique et les valeurs fourragères de cette espèce au stade végétatif. Kadi et al (2011, 2012) ont déterminé la composition chimique d'*Hedysarum flexuosum* aux stades bourgeonnement et floraison, et sa valeur nutritive chez les lapins à l'engraissement pour les deux stades. Kadi et al (2017a, 2017b) ont incorporé du foin d'*Hedysarum flexuosum* dans la composition des aliments granulés pour lapin en engraissement lesquels ont permis des performances zootechniques très intéressantes et par, conséquent, pourrait assurer la substitution de la luzerne importée par du *Sulla* local. Par la suite, Zirmi- Zembri et Kadi (2016) ont estimé les valeurs nutritives de cette légumineuse pour les ruminants, au stade floraison et au stade bourgeonnement. El Yemlahi et al (2019) ont mis en évidence l'effet significatif de l'écotype sur la composition chimique d'*Hedysarum flexuosum*. Zirmi-Zembri et Kadi (2020a), par l'exploitation des données recueillies les 20 dernières années au niveau du laboratoire de nutrition animale et produits animaux de l'université de Tizi-Ouzou, ont pu définir la composition chimique et la valeur nutritive d' *Hedysarum flexuosum* pour différents stades phénologiques au niveau de la région de Tizi-Ouzou (Latitude 36° 42' 42'' N, Longitude 4° 2' 45'' E).

De plus, Ben Fadhel et al (1997) ont mis en évidence une forte variabilité de nombreux traits morphologiques selon l'origine géographique (Maroc ou Algérie) des populations d'*H. flexuosum*. Ben Fadhel et al (2006) ont signalé l'existence d'une très importante diversité génétique intra-population entre diverses populations d'*Hedysarum flexuosum*.

Ce travail s'inscrit dans le projet de mise au point des tables de composition chimique et de valeur nutritive des espèces pastorales et fourragères en Algérie. Il a pour objectif de caractériser cinq populations d'*Hedysarum flexuosum* récoltées pendant cinq différents stades phénologiques dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie).

Matériel et méthodes

Le matériel végétal provient de cinq populations appartenant à l'espèce *Hedysarum flexuosum* L. syn. *Sulla flexuosa*, communément appelée *Sulla*, de la région de la grande Kabylie, située au centre nord de l'Algérie, à 100 km de la capitale Alger. Ces populations ont été choisies selon le gradient Nord (Timizart ; 36 45N, 4 14 E)- Sud (Ait Toudert ; 36 32 N, 4 08 E), Est (Souama ; 36 38N, 4 21E) – Ouest (Sidi Naamane ; 36 45N, 3 59 E) et en incluant une population au centre (Bousmahel ; 36 40 N, 4 08 E). Les sols où évoluent ces cinq populations sont de texture argileuse à limono-argileuse, en pente avec une altitude variant de 110 à 372 m du niveau de la mer, avec des expositions Sud-Est ou Sud-Ouest (Zirmi-Zembri et Kadi 2020b).

La récolte s'est effectuée durant cinq périodes correspondant à cinq stades phénologiques distincts tel que définis par Borreani (1999) pour *Hedysarum coronarium* et que nous avons adaptés pour *Hedysarum flexuosum* (Zirmi-Zembri et Kadi 2020a) : Fin stade végétatif (stade 2), bourgeonnement (stade 4), floraison (stade 6) , gousses vertes (stade 8) et maturation des gousses (stade 9). Les quatre premiers stades correspondent à l'utilisation par les éleveurs de la région du *Sulla flexuosa* en vert, alors que le dernier stade correspond à sa récolte en foin. Pour chaque zone et chaque stade étudié, nous avons prélevé aléatoirement 08 plants entiers par stade et par station, soit un total de 200 échantillons.

Analyses de laboratoire

Une fois les échantillons prélevés, ils ont été séchés dans une étuve réglée à 60°C pendant 48 h puis broyés. Nous avons mélangé les 08 broyats de chaque parcelle et pour le même stade phénologique pour constituer un « échantillon homogène ». Chaque échantillon dit homogène et représentatif a servi pour les analyses de la composition chimique (avec 3 répétitions), à savoir les teneurs en matières sèche et minérale (MS, MM), la cellulose brute (CB), la fraction fibreuse au détergeant neutre ou acide (NDF et ADF), la matière azotée totale (MAT), la matière grasse (MG), le calcium (Ca) et le phosphore (P).

L'analyse des échantillons d'*Hedysarum flexuosum* L. a été réalisée en utilisant l'analyseur proche Infrarouge DA 7250 NIR. Cet appareil intègre la technologie Near InfraRed (NIR) avec une optique à semi-conducteurs. Les échantillons ont été versés dans une boîte ouverte pour des analyses automatiques.

La spectroscopie proche infrarouge, en anglais Near infrared spectroscopy, est une méthode analytique physique, qui se base sur l'étude des spectres de réflectance des substances analysées soumises aux rayons infrarouges sous différentes longueurs d'ondes. La SPIR a été utilisée dans le domaine de l'alimentation animale dès les années 70, avec la qualification des fourrages (Bastianelli, 2019). Cette méthode permet de connaître la composition chimique des aliments et des matières premières beaucoup plus rapidement que les dosages biochimiques (Bastianelli et al, 2019), elle est non destructrice, plusieurs analyses peuvent être réalisées sur un même échantillon et ne nécessite pas de réactifs chimiques et de ce fait non polluante. Norman et al (2020) ont collectés plus de 1000 échantillons d'analyses physico-chimiques d'un très large éventail d'espèces (100) dont *Hedysarum flexuosum*, et ont fourni une excellente plate-forme pour des étalonnages NIRS. Ils expliquent que des prédictions peu coûteuses et rapides de la valeur nutritionnelle des fourrages aident les producteurs à optimiser la gestion et la productivité du bétail, ce qui peut conduire à une rentabilité accrue et à une réduction de l'intensité des émissions de méthane. Ainsi, les jeunes animaux atteignent le poids à l'abattage plus rapidement, avec moins d'intrants alimentaires

Prédiction de la valeur alimentaire du Sulla

Afin de prédire les valeurs énergétiques et protéiques du Sulla flexuosa en vert et en foin à partir de sa composition chimique, nous avons utilisé les équations de prédiction de valeur nutritive développées et décrites par Vermorel (1988), celles de Vérité et Pyraud (1988) et celles de Baumont et al. (2007) pour les légumineuses en vert et en foin. Les unités d'encombrement mouton, lait et bovin (UEM, UEL et UEB) ont été estimées par les équations de Baumont et al. (2007).

Analyse statistique de données

Les analyses statistiques ont été effectuées pour tous les paramètres mesurés (MS, MM, MAT, NDF, ADF, CB, MG, P et Ca), les paramètres de digestibilité (dMO et dE), ainsi que les paramètres de valeur nutritive (UFL, UFV, PDIE, PDIN, UEM, UEL et UEB) à l'aide du logiciel R lsoftware l3.6.1. Le test d'analyse de variance a été utilisé. Lorsque la différence est significative, le test de Tukey au seuil de 5% a été appliqué pour le classement des modalités.

Résultats et discussion

Evolution de la composition chimique d'*Hedysarum flexuosum*

La composition chimique du *Sulla flexuosa* aux stades végétatifs (fin stade végétatif, Bourgeonnement et floraison) et aux stades de fructification (gousses vertes et gousses à maturité) des cinq populations étudiées est rapportée dans le Tableau 1 et Figure 1.

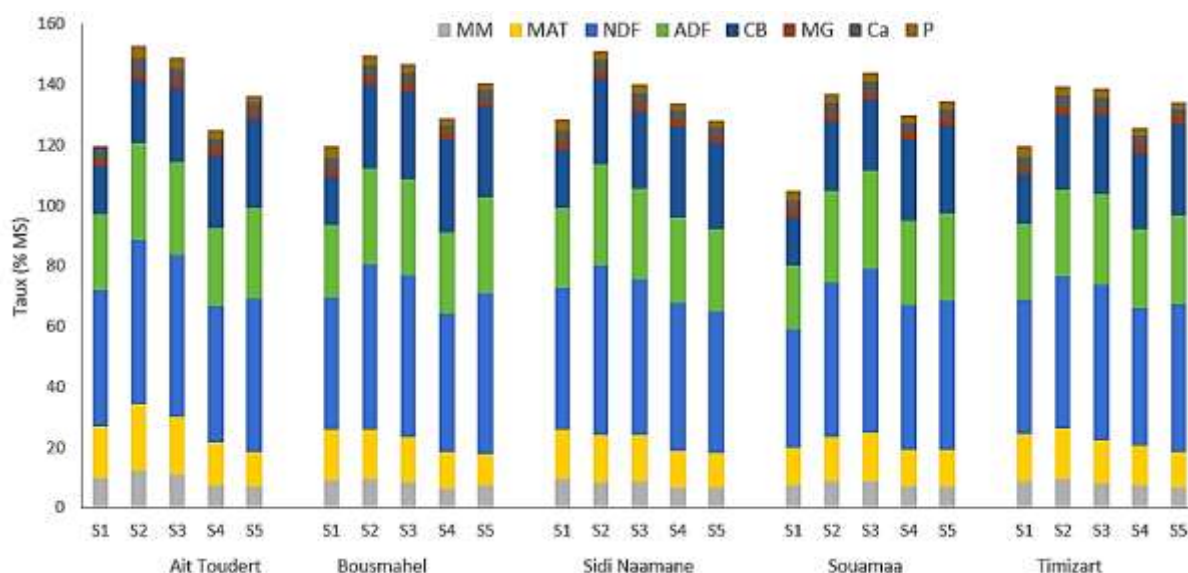


Figure 1. Evolution selon les stades phénologiques des principaux paramètres de composition chimique dans les différentes stations

Pour la matière sèche (Tableau 1), on remarque une évolution lente durant les stades végétatifs (fin stade végétatif et bourgeonnement), puis augmente exponentiellement à partir du stade floraison et maintient cette tendance tout au long des stades de fructification, pour atteindre un maximum au stade maturation des gousses, correspondant au stade de récolte du *Sulla* sous forme de foin par les éleveurs de la région. Borreani et al (2003) ont aussi signalé que *H. coronarium* connaît un taux de croissance élevé dans la phase de reproduction. Nous remarquons la présence de différences significatives en quantité de matière sèche entre les cinq populations de *Sulla flexuosa*. La population de Bousmahel a enregistré les valeurs les plus importantes, à l'opposé, on retrouve la population d'Ait Toudert se trouvant en pied de la montagne du Djurdjura, et par conséquent profitant de pluviosité plus importante avec les valeurs les plus faibles durant tous les stades phénologiques d'évolution. Ce qui corrobore les résultats sur *H. coronarium* de Chaker-Houd et al (2017), qui rapportent que les zones les moins humides possèdent toujours des teneurs significativement supérieures en matière sèche, aussi bien pour le vert que pour le foin.

La teneur en minéraux des plants de *Sulla* varie d'une population à une autre et d'un stade phénologique à un autre ($P < 0,0001$). La population d'Ait Toudert présente les taux les plus élevés. A la fin du stade végétatif, les taux varient de 7,49 à 10,17%, une augmentation est constatée au stade bourgeonnement (8,76 à 12,50%). Puis nous signalons une diminution pour les stades qui suivent, 8,40 à 10,97% au stade floraison ; 6,57 à 7,67% au stade gousses vertes et seulement 6,70 à 7,18 % au stade maturation des gousses. En comparant nos résultats aux teneurs rapportées dans la bibliographie pour *S. flexuosa* et *S. coronaria*, on constate que les

cinq populations étudiées présentent des taux de matières minérales plus faibles. Goumiri et Abdelguerfi (1989) au stade végétatif ont dosé 17,39% de MM, un taux supérieur de 7 à 10 % par rapport à nos résultats au même stade. El Yemlahi et al (2019) ont souligné des différences significatives entre les cinq écotypes d'*H. flexuosum* prélevés au Maroc, analysés durant la fin du stade végétatif, avec des pourcentages variant de 10,43 à 14,68% MM, taux supérieurs de 3 à 4,5 % à nos populations. Pour le même stade, Zirmi-Zembri et Kadi (2020a), sur une autre population de la région de Kabylie, ont rapporté un taux de 13,43%, et donc supérieur de 3 à 6 %.

Au stade floraison, Kadi et al (2011) et Zirmi-Zembri et Kadi (2020a) ont rapportés successivement 12,5 % et 12,48% de matières minérale, valeur supérieure de 1,5 à 4 % que nos valeurs. Tandis que pour le stade bourgeonnement, Kadi et al (2012) et Zirmi-Zembri (2020a) ont présenté les valeurs de 15,7% et 14,20 % respectivement, alors que les cinq populations ne présentent pour le même stade que 8,76 à 12,50 %, donc un écart de 3,2 à 7 %.

Pour les stades gousses vertes et gousses à maturité, sur la variété Grimaldi d'*H. coronarium*, Gaspari et al (2004) ont obtenus un taux de matières minérales de 19,08 %, alors que Amato et al (2016), l'ont dosé à 9,2%, de ce fait un écart avoisinant 12 à 13 % pour la premier étude et 2 à 3 % pour le seconde.

La teneur en Matières azotées totales augmente à partir de la fin du stade végétatif jusqu'au stade bourgeonnement où l'on a enregistré la teneur maximale qui est de 21,83 % pour la population d'Ait Toudert. Le taux de matières azotées totales varie avec l'évolution des stades phénologiques pour les cinq populations, la plus faible valeur (10,27%) est enregistrée au stade maturation des gousses au niveau de Bousmahel, alors que la teneur la plus élevée (21,83%) est relevée au stade bourgeonnement à Ait Toudert.

A la fin du stade végétatif, nous avons enregistré des différences très hautement significatives ($P < 0,0001$) pour les teneurs en matières azotées totales, elles varient de 12,55% enregistré à Souama à 16,68 % dosée à Ait Toudert. Par contre, Goumiri et Abdelguerfi (1989) ont rapportés 14,91 % de MAT, au même stade, contre 14,71 à 21,80% chez les cinq écotypes Marocains (El Yemlahi et al 2019). Ces teneurs augmentent au stade de bourgeonnement, 14,19% à Souama et atteignent 21,83% à Ait Toudert. Kadi et al (2012) ont enregistré au même stade 22,5% de MAT, alors qu'Amato et al (2016) sur *H. coronarium* ont relevé un taux de 18,4%.

Au stade floraison, on note une légère diminution des protéines brutes qui oscillent entre 14,09% à Timizart et atteint 19,22% à Ait Toudert. Chaker-Houd et al (2017), sur trois populations spontanées d'*H. coronarium* dans le Nord-Est Algérien, ont dosé 19,29 à 20,85 % de MAT, contre 15,56% enregistré par Gaspari et al (2004), 15% par Amato et al (2016) et 14,7% par Kadi et al (2011) sur *H. flexuosum*.

La teneur en protéines brutes décroît pour le stade gousses vertes, elle est de 11,82 % pour Sidi Naamane à 13,90% à Ait Toudert. Gaspari et al (2004) et Amato et al (2016) ont signalé un taux de 12,85% et 11 % respectivement, au même stade pour *H. coronarium*.

La baisse du taux de MAT continue au stade des gousses à maturité pour n'enregistrer que 10,27% à Bousmahel et 11,67% à Souama.

Comme attendu, la fraction fibreuse augmente avec l'évolution des stades phénologiques et ceci est dû au dépôt de fibres surtout au niveau des tissus de soutien et de conduction à parois épaisses et lignifiées contenus surtout dans les tiges (Jarrige et al, 1995). La teneur en cellulose brute de *Sulla flexuosa*, à la fin du stade végétatif, varie de 16,31 % pour Ait Toudert à 16,54% pour Souama. Au même stade, Goumiri et Abdelguerfi (1989) ont relevé un taux de 13,07% contre un intervalle variant de 14,9 à 28,98% de CB pour les cinq écotypes marocains (El

Yemlahi et al 2019) et une moyenne de 15,50 % pour Zirmi-Zembri et Kadi (2020a) sur des populations se trouvant au chef -lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Le taux de CB augmente considérablement au stade bourgeonnement pour atteindre 20,97% à Ait Toudert et 28,48% à Sidi Naamane. Zirmi-Zembri et Kadi (2020a) ont relevé seulement 18,45 % pour le même stade, alors que Cucchiara (1989) et Amato et al (2016), sur *H. coronarium*, ont dosé 20,60% de CB. L'accroissement de la cellulose brute continue au stade floraison, où l'on a enregistré des teneurs variant de 23,65 % au niveau de Souama à 29,41 % à Bousmahel. Piocchini (1965), sur *H. coronarium*, a enregistré 23,92% alors que pour Amato et al (2016), le taux est de 25, 6%. Les plants au stade gousses vertes ont présenté des teneurs allant de 24,20% au niveau d'Ait Toudert à 30,87 % à Sidi Naamane. Amato et al (2016) ont atteint le taux de 31,7 % sur *H. coronarium*. Le stade où les plants de *Sulla flexuosa* atteignent le maximum de CB est évidemment à la maturation des gousses, avec des valeurs de 28,79 à Sidi Naamane pour atteindre 30,45% à Timizart.

Les fibres NDF et ADF suivent la même tendance d'évolution pour les stades phénologiques et des différences hautement significatives par station ($P < 0,0001$) ont été enregistrées (Tableau 1 et figure 1). Des valeurs de 39,15 à 53,53% NDF et 20,85 à 26,30 % d'ADF, à la fin du stade végétatif. Pour le même stade, Zirmi-Zembri et Kadi (2020a) ont donné respectivement des valeurs de 44,55 % et 26,32%. De même, El Yemlahi et al (2019) ont obtenu sur cinq écotypes de *S. flexuosa* au Maroc, des taux allant de 36,01 à 47,82 % de NDF et 22,51 à 31,16% d'ADF. Au stade bourgeonnement, les valeurs sont de 50,30 à 55,94% de NDF et 28,70 à 33,64% d'ADF, valeurs proches de celles obtenues par Kadi et al (2012) et Zirmi- Zembri et Kadi (2020a) qui ont dosé 49% et 47,21% de NDF et 34,3 et 28,65% d'ADF respectivement, au même stade et pour la même espèce. Alors que sur *H. coronarium*, les taux obtenus par Cucchiara (1989) sont de 36,86% NDF et 31,96 ADF et ceux de Dentinho et al (2006) étaient de 36,86% d'NDF et 31,92% ADF.

Une fois le stade floraison est atteint, nous avons enregistré des taux de 51,43% à 54,16% de NDF et 29,97 à 32,53 % d'ADF. On remarque que ces valeurs se rapprochent de celles enregistrées par Kadi et al (2011) et Zirmi-Zembri et al (2020a) soit 49% et 48,48 % d'NDF et 33,7 et 31,68% ADF respectivement. Chaker-Houd et al (2017), ayant analysé trois populations *H. coronarium* au même stade, ont relevé les taux entre 38,49% à 44,82% pour NDF et 27,14% à 30,20% d'ADF. Au stade gousses vertes, on note une légère diminution de 3 à 8 % des taux de NDF et de 2 à 5 % d'ADF, pour les cinq populations étudiées. Puis, au stade maturation des gousses, les taux augmentent pour atteindre 46,97% à Sidi Naamane et 53,37 % D'NDF à Bousmahel et 27,13 % d'ADF à Sidi Naamane à 31,46% à Bousmahel.

La teneur en matières grasses (Tableau 1 et figure 1) présente des différences très hautement significatives, et ce durant tous les stades phénologiques entre les cinq populations analysées ($P < 0,0001$). La valeur la plus élevée est dosée à Sidi Naamane (2,15 %) au stade gousses vertes alors que le plus faible taux est enregistré par Bousmahel au stade maturation des gousses avec 1,64%. A la fin du stade végétatif, les taux varient de 1,87 à 2,07 %, qui comprend la valeur de 2 % rapportée par Zirmi-Zembri et Kadi, 2020a. El Yemlahi et al (2019), quant à eux, ont enregistré des taux variant de 2 à 3,61%. Une augmentation est enregistrée au stade bourgeonnement, représentant 1,92 à 2,01 % MS, alors que Zirmi-Zembri et Kadi (2020a) ont signalé une moyenne de 2,63 % pour le même stade. Cucchiara (1989) a dosé 1,94% de MG sur *H. coronarium* au même stade contre 2,9% dosé par Amato et al (2016). Pour le stade floraison, les matières grasses cumulées dans les tissus des plants de *S. flexuosa* varient de 1,67

% à Souama à 2,15% à Sidi Naamane, valeurs inférieures au taux de 2,97 % rapportées par Zirmi-Zembri et Kadi (2020a). Par contre, Piccioni (1965), Gaspari et al (2004) et Amato et al (2016) ont dosés 3,16 %, 2,07% et 2,6 % respectivement sur *H. coronarium*. Les valeurs notées de matières grasses au stade gousses vertes présentent une légère baisse par rapport au stade floraison, avec une teneur maximale de 2,14% pour Timizart et une valeur minimale de 1,85% à Sidi Naamane. Gaspari et al (2004) et Amato et al (2016) ont relevé 2,16 % et 2 % de MG respectivement sur *H. coronarium* au même stade. Une fois le stade maturation de gousses atteint, le taux des matières grasses varie de 1,64 à 2,02%, intervalle incluant la valeur de 1,8 % relatée par Amato et al (2016), sur *H. coronarium*.

Evolution de la valeur nutritive et des unités d'encombrement d'*Hedysarum flexuosum*

Les valeurs énergétiques, protéiques et d'encombrement d'*Hedysarum flexuosum* pour les cinq stades phénologiques et à travers les cinq populations étudiées sont présentés dans le tableau 2 et les figures 2, 3 et 4. Les différences sont significatives ($P < 0,0001$) pour les paramètres de digestibilité (dMO et dE), pour les éléments de valeur nutritive (UFL, UFV, PDIE et PDIN) ainsi que pour les valeurs d'encombrement (UEM, UEL et UEB).

Evolution des valeurs énergétiques d'*Hedysarum flexuosum*

Les valeurs énergétiques les plus élevées sont enregistrées à la fin du stade végétatif, ceci est dû entre autre aux rapports feuilles /tiges au poids frais (2,03) et secs (3,19) signalés par Zirmi-Zembri et Kadi (2020b) sur ces mêmes échantillons. Nous notons des écarts par population (Figure 2); 0,98 UFL et 0,93 UFV à Souama suivie par Bousmahel et Timizart avec 0,96 UFL et 0,90 UFV, puis Ait Toudert, apportant 0,95 UFL et 0,89 UFV, et enfin Sidi Naamane avec 0,91UFL et 0,84 UFV. Au même stade, Goumiri et Abdelguerfi (1989) ont évalué la valeur fourragère à 0,62 UF alors que Zirmi-Zembri et Kadi (2020a) l'ont estimé 1,02 UFL et 0,98 UFV, sur une population d'*Hedysarum flexuosum* échantillonnée dans la région de Tizi-Ouzou.

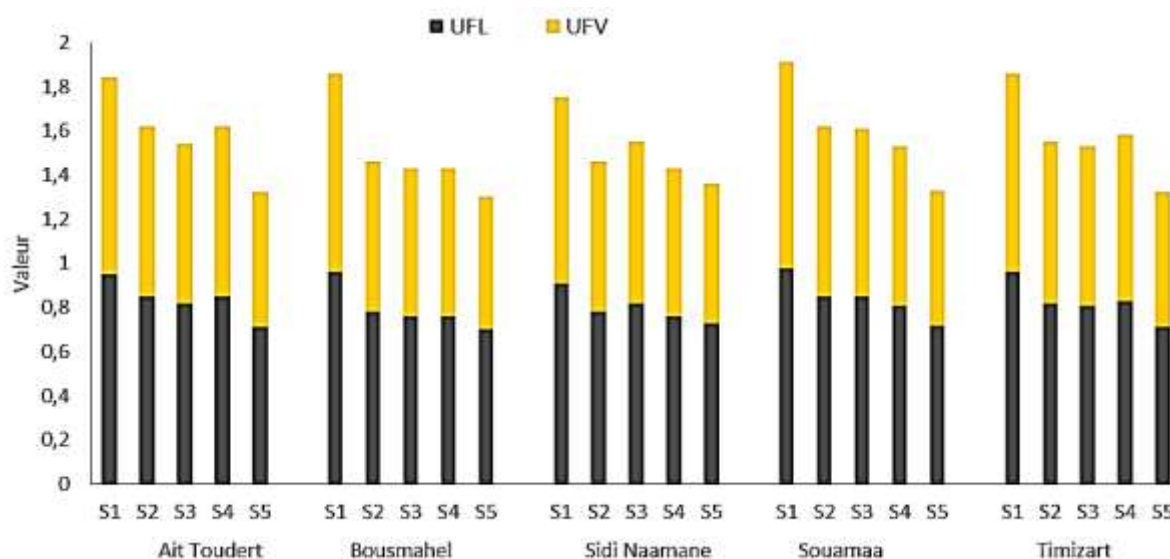


Figure 2. Evolution, selon les stades phénologiques et les stations, de la valeur énergétique d' *H. flexuosum*

Au stade bourgeonnement, les valeurs énergétiques estimées varient entre 0,68 UFV et 0,78 UFL (stations de Sidi Naamane et de Bousmahel) et 0,85 UFL et 0,77 UFV (Ait Toudert et Souama), valeurs inférieures à celles obtenues par Zirmi-Zembri et Kadi (2016 et 2020a) et qui sont de 0,88 et 0,97 UFL et 0,88 et 0,91 UFV respectivement.

Une fois le stade floraison atteint, on note que seule la population de Souama maintient son niveau énergétique (0,85 UFL et 0,76 UFV). Par contre, les autres populations voient leurs apports énergétiques diminuer (0,72 à 0,82 UFL et 0,67 à 0,73 UFV). Les valeurs obtenues par Zirmi-Zembri et Kadi (2016) sont comprises dans cet intervalle (0,80 UFL et 0,71 UFV) mais légèrement inférieures à celles obtenues par Zirmi-Zembri et Kadi 2020a (0,94 UFL et 0,87 UFV). On note que pour le stade gousses vertes, les valeurs énergétiques du *Sulla flexuosa* sont très proches voire supérieures pour certaines stations qu'au stade floraison (Ait Toudert et Timizart) et ont pour valeurs 0,76 à 0,85 UFL et 0,72 à 0,77 UFV.

Avec le temps, les teneurs en protéines brutes et glucides solubles diminuent, en revanche les teneurs en fibres augmentent, et par conséquent, la digestibilité du fourrage baisse entraînant la baisse de sa valeur énergétique. C'est ce que l'on constate pour le stade des gousses à maturité, où l'on a enregistré les valeurs énergétiques les plus faibles 0,70 à 0,73 UFL et 0,60 à 0,63 UFV.

Evolution des valeurs protéiques d'*Hedysarum flexuosum*

Les valeurs protéiques (Tableau 2) de *Sulla flexuosa* sont très intéressantes pour les cinq populations et durant les cinq stades phénologiques. La teneur en PDIN la plus élevée est obtenue à Ait Toudert avec une valeur de 140,03g/kg MS au stade bourgeonnement, la même population et au même stade a aussi enregistré la plus importante valeur de PDIE qui est de 96,13g/Kg MS. Le stade maturation des gousses, quant à lui, a présenté les plants ayant les plus faibles teneurs soit 66,73g de PDIN/Kg de MS et 77,39g de PDIE/Kg de MS pour la population de Bousmahel (Figure 3).

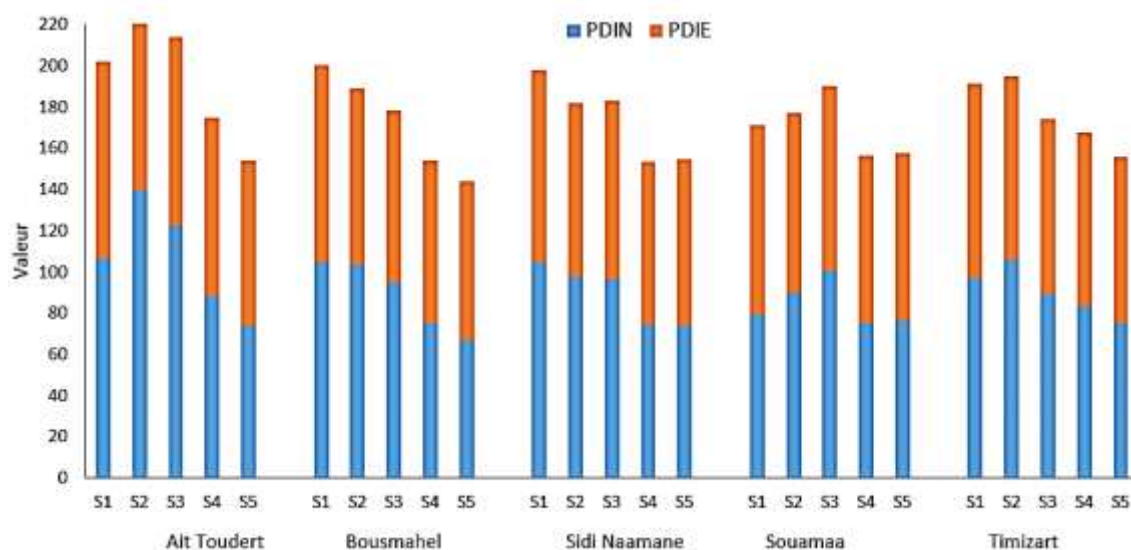


Figure 3 Evolution, selon les stades phénologiques et les stations, de la valeur protéique d'*H. flexuosum*

La fin du stade végétatif assure des valeurs protéiques pouvant satisfaire les besoins des ruminants alimentés en *Sulla flexuosa*, en cette période printanière où les autres espèces fourragères sont en dormance. Les teneurs en PDIN sont entre 79,10 g/Kg de MS, au niveau de Timizart et de 106,23 g/Kg de MS pour Ait Toudert. Pour les valeurs PDIE, on note 95,68 g/Kg de MS à Bousmahel à 91,61 g/Kg de MS pour Souama. Goumiri et Abdelguerfi (1989) ont enregistré 107,67g de matières azotées digestibles (MAD) au même stade. Par contre Zirmi-Zembri et Kadi (2020a) ont enregistré les valeurs de 121g de PDIN/Kg de MS et 111g de PDIE/Kg de MS pour le même stade.

On constate une augmentation importante de ces valeurs protéiques au stade bourgeonnement, qui atteignent 140,03g de PDIN/Kg de MS et 96,13g de PDIE/Kg de MS, pour la population d'Ait Toudert. Notons tout de même une grande variabilité entre les cinq populations, où Timizart a enregistré 106,20 g de PDIN/Kg de MS et 88,62g de PDIE/Kg de MS, suivi de Bousmahel avec 103,27g de PDIN/Kg de MS et 85,68 g de PDIE/Kg de MS. Des valeurs de 97,57 et 90,03 g de PDIN/Kg de MS et 84,49 et 87,04 g de PDIE /Kg de MS sont enregistrées respectivement à Sidi Naamane et Souama. Zirmi-Zembri et Kadi (2016), au même stade, ont enregistré une valeur PDIN identique mais une valeur PDIE plus importante de 35 à 42 g (131g de PDIE/Kg de MS).

Le stade floraison enregistre une baisse des valeurs azotées mais qui restent tout de même très intéressantes variant de 122,80g de PDIN/Kg de MS et 91,31g de PDIE/Kg de MS à Ait Toudert à 89,43g de PDIN/Kg de MS et 84,95 g de PDIE/Kg de MS pour Timizart. Des valeurs de 104 g de PDIN/Kg de MS et 96g de PDIE/Kg de MS ont été signalés par Zirmi-Zembri et Kadi (2016).

On constate aux stades de fructification (gousses vertes et gousses à maturité) que les valeurs protéiques étaient en baisse, mais assurant un apport non négligeable de matières azotées pour les rations des ruminants. Au stade gousses vertes, des valeurs PDIN allant de 74,67 à 88,17 g /Kg de MS et des teneurs en PDIE 78,87 à 86,74 g /Kg de MS sont relevées. Par la suite, et au stade maturation des gousses, les valeurs sont de 66,73 à 76,33 g de PDIN /Kg de MS et 77,39 à 81,10 g de PDIE/Kg de MS.

Evolution des unités d'encombrement d'*Hedysarum flexuosum*

L'ingestibilité est l'aptitude d'un aliment à être ingéré en plus ou moins grande quantité, elle est exprimée pour les fourrages en unités d'encombrement. Pour prévoir les quantités ingérées de fourrages par les différentes catégories de ruminants, trois unités d'encombrement ont été définies pour chaque catégorie de ruminants [mouton (UEM), vache laitière (UEL), autres bovins (UEB)], la valeur d'encombrement d'un fourrage donné correspond au rapport entre l'ingestibilité du fourrage de référence et l'ingestibilité de ce fourrage (Baumont et al 2010).

On remarque l'augmentation des valeurs des trois unités d'encombrement (Figure 4), et ce à fur et à mesure de l'avancement dans le cycle de développement du *Sulla*. Ce qui s'explique par le fait que les fourrages sont plus retenus plus longtemps dans le rumen et le réseau pendant le temps nécessaire à leur réduction en fines particules sous l'action de la mastication lors de l'ingestion et surtout de la rumination cumulée à la digestion. Ils y exercent un effet d'encombrement, qui augmente en même temps que la proportion de parois végétales car ces dernières sont les plus résistantes à la mastication. Les quatre stades en vert (fin stade végétatif,

bourgeonnement, floraison, gousses vertes) de *Sulla flexuosa* enregistre des valeurs inférieures à celles enregistrées par le foin de *Sulla* récolté au stade maturation des gousses.

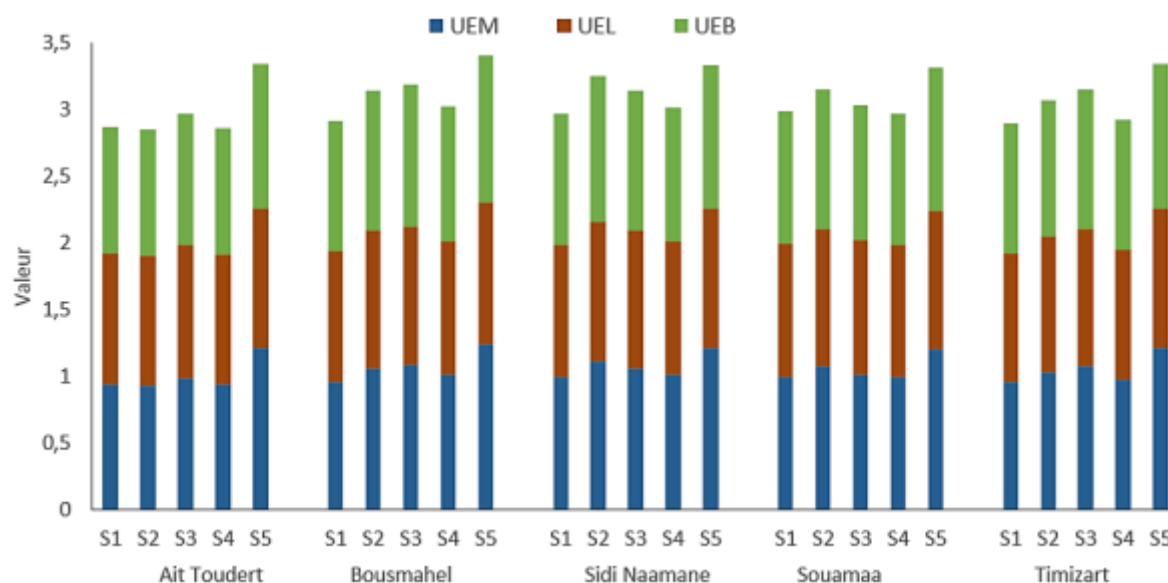


Figure 4 Evolution, selon les stades phénologiques et les stations, de la valeur d'encombrement d'*H. flexuosum*.

Conclusion

Hedysarum flexuosum se caractérise par une remarquable composition chimique et des valeurs nutritives très appréciables. Par ses apports, elle peut couvrir les besoins des ruminants durant une période où les autres espèces fourragères cultivées font défaut.

La variabilité en composition chimique et par conséquent en valeur nutritive entre les cinq populations analysées est très marquée pour cette légumineuse.

La composition chimique du *Sulla flexuosa*, déterminée par la méthode proche infrarouge (SPIR), est très proche de celle déterminée par analyse physico-chimique au laboratoire pour tous les composés exception relevée pour la teneur en matière minérale.

STADES	FIN STADE VEGETATIF						STADE BOURGEONNEMENT						STADE FLORAISON					
Sites	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P
MS (%)	12,72 ^{ac} ±0,67	11,51 ^{ab} ±0,90	10,98 ^a ±1,24	14,08 ^c ±0,54	13,18 ±0,34	<0,01	10,56 ^a ±0,23	13,47 ^c ±01,16	11,37 ^{ab} ±0,49	11,16 ^{ab} ±0,41	12,84 ^{bc} ±0,88	<0,1	12,71 ^a ±0,18	16,23 ^c ±0,33	13,41 ^{ab} ±1,18	14,37 ^b ±0,32	14,97 ^{bc} ±0,43	<0,0001
MO (%)	89,83 ^a ±0,04	90,52 ^b ±0,05	90,43 ^b ±0,04	92,51 ^d 0,03	90,89 ^c 0,03	<0,0001	87,50 ^a ±0,02	90,32 ^b ±0,05	91,24 ^e ±0,02	90,88 ^d ±0,02	90,44 ^c ±0,02	<0,0001	89,03 ^a ±0,05	91,41 ^d ±0,02	91,20 ^c ±0,18	90,93 ^b ±0,03	91,60 ^e ±0,18	<0,0001
MM (%MS)	10,17 ^d ±0,04	9,48 ^c ±0,05	9,57 ^c ±0,04	7,49 ^a ±0,03	9,11 ^b ±0,03	<0,0001	12,50 ^e ±0,02	9,68 ^d ±0,05	8,76 ^a ±0,02	9,07 ^b ±0,03	9,56 ^c ±0,01	<0,0001	10,97 ^e ±0,05	8,59 ^b ±0,02	9,80 ^c ±0,02	9,12 ^d ±0,02	8,40 ^a ±0,05	<0,0001
MAT (%MS)	16,68 ^d ±0,10	16,45 ^c ±0,09	16,44 ^e ±0,09	12,55 ^a ±0,05	15,28 ±0,04	<0,0001	21,83 ^e ±0,06	16,22 ^c ±0,09	15,34 ^b ±0,06	14,19 ^a ±0,03	16,67 ^d ±0,03	<0,0001	19,22 ^e ±0,06	14,93 ^b ±0,03	15,17 ^c ±0,08	15,83 ^d ±0,04	14,09 ^a ±0,06	<0,0001
NDF (%MS)	45,08 ^d ±0,04	43,53 ^b ±0,09	46,81 ^e ±0,12	39,11 ^a ±0,07	44,54 ^c ±0,05	<0,0001	54,45 ^c ±0,07	54,68 ^d ±0,09	55,94 ^e ±0,07	51,26 ^b ±0,11	50,30 ^a ±0,01	<0,0001	53,34 ^b ±0,07	53,49 ^b ±0,12	51,48 ^a ±0,13	54,16 ^c ±0,07	51,43 ^a ±0,05	<0,0001
ADF (%MS)	25,08 ^d ±0,02	23,97 ^b ±0,07	26,30 ^e ±0,08	20,85 ^a ±0,05	24,91 ^c ±0,04	<0,0001	31,98 ^d ±0,07	31,78 ^c ±0,07	33,64 ^e ±0,06	30,21 ^b ±0,09	28,70 ^a ±0,02	<0,0001	30,99 ^b ±0,05	31,61 ^c ±0,08	30,10 ^a ±0,11	32,53 ^d ±0,04	29,97 ^a ±0,04	<0,0001
CB (%MS)	16,31 ^a ±0,09	16,34 ^a ±0,06	19,39 ^b ±0,14	16,54 ^a ±0,12	16,46 ^a ±0,05	<0,0001	20,97 ^a ±0,04	27,70 ^d ±0,09	28,48 ^e ±0,05	23,35 ^b ±0,06	24,96 ^c ±0,31	<0,0001	24,37 ^b ±0,13	29,41 ^e ±0,03	25,65 ^c ±0,19	23,65 ^a ±0,10	26,20 ^d ±0,19	<0,0001
MG (%MS)	1,87 ^a ±0,01	2,04 ^d ±0,01	2,07 ^e ±0,01	1,94 ^b ±0,00	1,97 ^c ±0,01	<0,0001	2,01 ^c ±0,01	1,98 ^b ±0,01	1,92 ^a ±0,01	1,97 ^b ±0,01	2,01 ^c ±0,01	<0,0001	1,99 ^c ±0,01	1,96 ^c ±0,01	2,15 ^d ±0,01	1,67 ^a ±0,03	1,92 ^b ±0,01	<0,0001
P (g/kg MS)	3,63 ^c ±0,01	3,60 ^c ±0,00	3,50 ^b ±0,00	3,00 ^a ±0,00	3,50 ^b ±0,00	<0,0001	4,00 ^d ±0,00	3,10 ^c ±0,00	2,80 ^a ±0,00	3,00 ^b ±0,00	3,10 ^c ±0,00	<0,0001	3,50 ^d ±0,00	2,76 ^b ±0,01	2,90 ^c ±0,00	2,90 ^c ±0,00	2,63 ^a ±0,01	<0,0001
Ca (g/kg MS)	4,23 ^c ±0,01	4,06 ^b ±0,01	4,20 ^c ±0,00	3,30 ^a ±0,00	4,00 ^b ±0,00	<0,0001	5,00 ^e ±0,00	4,30 ^d ±0,00	4,10 ^b ±0,00	4,00 ^a ±0,00	4,20 ^c ±0,00	<0,0001	4,63 ^c ±0,00	3,90 ^a ±0,00	3,90 ^a ±0,00	4,00 ^b ±0,00	3,90 ^a ±0,00	<0,0001
Ca/P	1,18	1,13	1,20	1,10	1,10	-	1,25	1,39	1,46	1,33	1,35	-	1,32	1,41	1,34	1,38	1,48	-

Sur une même ligne et pour un même stade de récolte, les nombres suivis de lettres différentes diffèrent significativement (p < 0001 : Différences très hautement significatives ; p < 001 : Différences hautement significatives et p < 0,1 : différences significatives).

MS : matière sèche, MO : matières organiques, MM : Matières minérales, MAT : Matières azotées totales, MG : Matières grasses, NDF : Neutral Detergent Fibre, ADF : Acid Detergent Fibre, CB : Cellulose brute, Ca : Calcium, P : Phosphore

TABEAU 1 : Composition chimique du *Sulla flexuosa* pour les cinq stades phénologiques dans 5 sites du centre nord algérien.

TABLE 1: Chemical composition of five phonological stages of *Sulla flexuosa* sampled from 5 zones in north-center Algeria.

Stades	STADE GOUSSES VERTES						STADE GOUSSES A MATURITE (FOIN)					
Sites	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P
MS (%)	26,35 ^a ±1,67	29,04 ^a ±1,83	29,33 ^a ±2,46	27,91 ^a ±1,01	26,11 ^a ±0,01	0,144	82,23 ^a ±0,35	93,97 ^a ±1,89	90,42 ^e ±1,68	85,02 ^{ab} ±1,68	87,50 ^{bc} ±2,14	<0,0001
MO (%)	92,33 ^a ±0,05	93,43 ^e ±0,03	93,06 ^d ±0,03	92,82 ^c ±0,03	92,47 ^b ±0,03	<0,0001	92,82 ^c ±0,01	92,50 ^a ±0,01	93,30 ^e ±0,03	92,66 ^b ±0,06	93,19 ^d ±0,01	<0,0001
MM (%MS)	7,67 ^e ±0,05	6,57 ^a ±0,03	6,94 ^b ±0,03	7,18 ^c ±0,03	7,53 ^d ±0,03	<0,0001	7,18 ^c ±0,01	7,50 ^e ±0,01	6,70 ^a ±0,03	7,34 ^d ±0,06	6,81 ^b ±0,01	<0,0001
MAT (%MS)	13,90 ^c ±0,07	11,86 ^a ±0,06	11,82 ^a ±0,05	11,84 ^a ±0,07	13,12 ^b ±0,02	<0,0001	11,32 ^b ±0,05	10,27 ^a ±0,07	11,29 ^b ±0,06	11,67 ^d ±0,07	11,50 ^c ±0,03	<0,0001
NDF (%MS)	45,08 ^a ±0,09	46,04 ^c ±0,18	48,92 ^e ±0,21	47,97 ^d ±0,06	45,58 ^b ±0,07	<0,0001	50,68 ^d ±0,07	53,37 ^e ±0,06	46,97 ^a ±0,11	49,49 ^c ±0,08	49,02 ^b ±0,04	<0,0001
ADF (%MS)	25,96 ^a ±0,06	26,75 ^b ±0,14	28,51 ^d ±0,16	27,85 ^c ±0,05	25,88 ^a ±0,05	<0,0001	29,95 ^d ±0,07	31,46 ^e ±0,05	27,13 ^a ±0,09	28,94 ^b ±0,06	29,23 ^c ±0,02	<0,0001
CB (%MS)	24,20 ^a ±0,05	30,55 ^d ±0,03	30,27 ^d ±0,30	27,30 ^c ±0,08	25,43 ^b ±0,07	<0,0001	29,63 ^c ±0,13	30,31 ^d ±0,20	28,79 ^a ±0,04	29,22 ^b ±0,04	30,45 ^d ±0,03	<0,0001
MG (%MS)	2,07 ^d ±0,01	2,00 ^c ±0,01	1,85 ^a ±0,01	1,98 ^b ±0,00	2,14 ^e ±0,01	<0,0001	1,77 ^b ±0,01	1,64 ^a ±0,01	2,05 ^e ±0,01	1,99 ^c ±0,01	2,02 ^d ±0,01	<0,0001
P (g/kg MS)	2,60 ^e ±0,00	1,90 ^a ±0,00	2,00 ^b ±0,00	2,30 ^c ±0,00	2,40 ^d ±0,00	<0,0001	2,20 ^c ±0,00	2,20 ^c ±0,00	2,10 ^b ±0,00	2,30 ^d ±0,00	2,00 ^a ±0,00	<0,0001
Ca (g/kg MS)	3,33 ^{bc} ±0,01	3,00 ^a ±0,00	3,27 ^b ±0,01	3,30 ^b ±0,00	3,43 ^c ±0,01	<0,0001	3,40 ^c ±0,00	3,70 ^d ±0,00	3,20 ^b ±0,00	3,40 ^c ±0,00	3,10 ^a ±0,00	<0,0001
Ca/P	1,28	1,58	1,64	1,43	1,43	-	1,55	1,68	1,52	1,48	1,55	-
Sur une même ligne et pour un même stade de récolte, les nombres suivis de lettres différentes diffèrent significativement (p < 0,0001 : très hautement significatif ; p < 0,001 : hautement significatif ; p < 0,01 : significatif) MS : matière sèche, MO : matières organiques, MM : Matières minérales, MAT : Matières azotées totales, MG : Matières grasses, NDF : Neutral Detergent Fibre, ADF : Acid Detergent Fibre, CB : Cellulose brute, Ca : Calcium, P : Phosphore												
TABLEAU 1 (suite) : Composition chimique du <i>Sulla flexuosa</i> pour les cinq stades phénologiques dans 5 sites du centre nord algérien. TABLE 1 (Bis): Chemical composition of five phenological stages of <i>Sulla flexuosa</i> sampled from 5 zones in north-center Algeria.												

STADES	FIN STADE VEGETATIF						STADE BOURGEONNEMENT						STADE FLORAISON					
Sites	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P
dMO (%)	79,03 ^b ±0,09	79,00 ^b ±0,06	75,91 ^a ±0,14	78,00 ^b ±0,12	78,88 ^b ±0,05	<0,0001	74,32 ^e ±0,04	67,52 ^b ±0,09	66,73 ^a ±0,06	71,92 ^d ±0,06	70,28 ^c ±0,03	<0,0001	70,89 ^d ±0,13	65,80 ^a ±0,03	69,59 ^c ±0,19	71,61 ^c ±0,10	69,04 ^b ±0,19	<0,0001
dE (%)	75,57 ^c ±0,06	75,53 ^{bc} ±0,06	72,57 ^a ±0,12	75,33 ^b ±0,12	75,43 ^{bc} ±0,06	<0,0001	71,07 ^e ±0,06	64,53 ^b ±0,06	63,83 ^a ±0,06	68,88 ^d ±0,06	67,20 ^c ±0,00	<0,0001	67,77 ^d ±0,15	62,90 ^a ±0,00	66,53 ^c ±0,15	68,47 ^e ±0,06	66,00 ^b ±0,17	<0,0001
EB (Kcal/Kg MO)	4842,10 ^d ±2,10	4835,30 ^c ±1,90	4835,43 ^c ±0,09	4755,37 ^a ±0,93	4811,60 ^b ±0,72	<0,0001	4952,80 ^e ±1,30	4831,67 ^c ±2,06	4811,73 ^b ±1,24	4790,73 ^a ±0,58	4839,33 ^d ±0,55	<0,0001	4894,57 ^e ±1,35	4803,37 ^b ±0,67	4808,60 ^c ±1,56	4822,27 ^d ±0,76	4786,93 ^a ±1,19	<0,0001
UFL (/Kg MS)	0,95 ^b ±0,01	0,96 ^b ±0,00	0,91 ^a ±0,00	0,98 ^c ±0,00	0,96 ^b ±0,09	<0,0001	0,85 ^c ±0,00	0,78 ^a ±0,00	0,78 ^a ±0,00	0,85 ^c ±0,00	0,82 ^b ±0,00	<0,0001	0,82 ±0,00	0,76 ±0,00	±0,82 0,00	0,85 ±0,00	0,81 ±0,01	<0,0001
UFV (/Kg MS)	0,89 ^b ±0,00	0,90 ^c ±0,00	0,84 ^a ±0,01	0,93 ^d ±0,01	0,90 ^c ±0,00	<0,0001	0,77 ^c ±0,00	0,68 ^a ±0,00	0,68 ^a ±0,00	0,77 ^c ±0,00	0,73 ^b ±0,00	<0,0001	0,72 ±0,01	0,67 ±0,01	0,73 ±0,00	0,76 ±0,00	0,72 ^b ±0,01	<0,0001
PDIN (g/Kg MS)	106,23 ^d ±0,67	104,77 ^c ±0,57	104,70 ^c ±0,61	79,47 ^a ±0,31	97,10 ^b ±0,26	<0,0001	140,03 ^e ±0,40	103,27 ^c ±0,67	97,57 ^b ±0,40	90,03 ^a ±0,23	106,20 ^d ±0,17	<0,0001	122,80 ^e ±0,40	94,87 ^b ±0,23	96,43 ^c ±0,49	100,73 ^d ±0,30	89,43 ^a ±0,37	<0,0001
PDIE (g/Kg MS)	95,64 ^d ±0,19	95,68 ^d ±0,07	92,99 ^b ±0,16	91,61 ^a ±0,16	94,37 ^c ±0,05	<0,0001	96,13 ^e ±0,07	85,68 ^b ±0,16	84,49 ^a ±0,12	87,04 ^c ±0,09	88,62 ^d ±0,06	<0,0001	91,31 ^e ±0,13	83,20 ^a ±0,08	86,43 ^c ±0,25	89,26 ^d ±0,30	84,95 ^b ±0,18	<0,0001
UEM (g/Kg PV ^{0,75})	0,94 ^a ±0,01	0,96 ^a ±0,01	0,99 ^b ±0,01	0,99 ^b ±0,00	0,96 ^a ±0,01	<0,0001	0,93 ^a ±0,00	1,06 ^c ±0,01	1,11 ^d ±0,01	1,07 ^c ±0,01	1,03 ^b ±0,01	<0,0001	0,98 ^a ±0,01	1,08 ^d ±0,01	1,06 ^c ±0,01	1,01 ^b ±0,01	1,07 ^{cd} ±0,01	<0,0001
UEL (g/Kg PV ^{0,75})	0,98 ^a ±0,01	0,98 ^{ab} ±0,01	0,99 ^{bc} ±0,01	1,00 ^c ±0,00	0,98 ^{ab} ±0,01	<0,001	0,97 ^a ±0,00	1,03 ^{bc} ±0,01	1,05 ^d ±0,00	1,03 ^c ±0,01	1,02 ^b ±0,01	<0,0001	1,00 ^a ±0,00	1,04 ^d ±0,01	1,03 ^c ±0,01	1,01 ^b ±0,00	1,03 ^{cd} ±0,00	<0,0001
UEB (g/Kg PV ^{0,75})	0,95 ^a ±0,01	0,97 ^a ±0,01	0,99 ^b ±0,01	0,99 ^b ±0,00	0,97 ^a ±0,01	<0,0001	0,95 ^a ±0,00	1,05 ^c ±0,01	1,09 ^d ±0,01	1,05 ^c ±0,01	1,02 ^b ±0,01	<0,0001	0,99 ^a ±0,00	1,06 ^c ±0,00	1,05 ^c ±0,01	1,01 ^b ±0,00	1,05 ^c ±0,01	<0,0001

Sur une même ligne et pour un même stade de récolte, les nombres suivis de lettres différentes diffèrent significativement (p < 0,0001 : très hautement significatif ; p < 0,001 : hautement significatif ; p < 0,01 : significatif).

dMO : Digestibilité de la matière organique, dE Digestibilité de l'énergie, UFL : Unité fourragère lait, UFV : Unité fourragère viande, PDIE : Protéines digestibles intestinales permises par l'énergie, PDIN : Protéines digestibles intestinales permises par l'azote EB : Energie brute, UEM, UEB, UEL : Unité d'encombrement mouton, bovin et lait respectivement

TABEAU 2 : Valeur nutritive et Unités d'encombrement du *Sulla flexuosa* aux cinq stades phénologiques dans les cinq sites du centre nord algérien.

TABLE 2: Nutritive value of five phenological stages of *Sulla flexuosa* sampled from 5 zones of north-center Algeria.

Stades	STADE GOUSSES VERTES						STADE GOUSSES A MATURITE (FOIN)					
SITES	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P	Ait Toudert	Bousmahel	Sidi Naamane	Souama	Timizart	P
dMO (%)	71,06 ^d ±0,05	64,64 ^a ±0,03	64,93 ^a ±0,31	67,93 ^b ±0,08	69,81 ^c ±0,01	<0,0001	61,43 ^b ±0,06	61,00 ^a ±0,10	61,90 ^d ±0,00	61,67 ^c ±0,06	60,90 ^a ±0,00	<0,0001
dE (%)	67,93 ^d ±0,06	61,80 ^a ±0,00	62,03 ^a ±0,31	64,93 ^b ±0,58	66,77 ^c ±0,06	<0,0001	58,73 ^b ±0,06	58,30 ^a ±0,10	59,20 ^d ±0,00	58,93 ^c ±0,06	58,27 ^a ±0,06	<0,0001
EB (Kcal/Kg MO)	4781,13 ^c ±1,40	4740,30 ^a ±0,95	4740,33 ^a ±0,99	4741,29 ^a ±1,33	4766,17 ^b ±0,40	<0,0001	4731,63 ^{bc} ±0,97	4712,60 ^a ±1,25	4729,96 ^b ±1,19	4738,60 ^d ±1,45	4734,17 ^c ±0,64	<0,0001
UFL (/Kg MS)	0,85 ^d ±0,00	0,76 ^a ±0,00	0,76 ^a ±0,01	0,81 ^b ±0,00	0,83 ^c ±0,01	<0,0001	0,71 ^a ±0,00	0,70 ^a ±0,01	0,73 ^c ±0,00	0,72 ^b ±0,00	0,71 ^b ±0,00	<0,0001
UFV (/Kg MS)	0,77 ^d ±0,00	0,67 ^a ±0,00	0,67 ^a ±0,01	0,72 ^b ±0,00	0,75 ^c ±0,00	<0,0001	0,61 ^b ±0,00	0,60 ^a ±0,00	0,63 ^c ±0,00	0,61 ^b ±0,01	0,61 ^b ±0,00	<0,0001
PDIN (g/Kg MS)	88,17 ^c ±0,40	75,00 ^a ±0,35	74,67 ^a ±0,16	74,80 ^a ±0,44	83,13 ^b ±0,05	<0,0001	73,90 ^b ±0,36	66,73 ^a ±0,47	73,70 ^b ±0,44	76,33 ^d ±0,50	75,17 ^c ±0,21	<0,0001
PDIE (g/Kg MS)	86,74 ^d ±0,11	78,87 ^a ±0,12	78,96 ^a ±0,32	81,31 ^b ±0,14	84,55 ^c ±0,07	<0,0001	80,36 ^b ±0,19	77,39 ^a ±0,23	80,72 ^{bc} ±0,12	81,10 ^c ±0,13	80,34 ^b ±0,08	<0,0001
UEM (g/Kg PV ^{0,75})	0,94 ^a ±0,02	1,01 ^c ±0,02	1,00 ^{bc} ±0,03	0,99 ^{bc} ±0,01	0,97 ^{ab} ±0,01	<0,01	1,21 ^b ±0,00	1,24 ^c ±0,01	1,21 ^b ±0,00	1,20 ^a ±0,00	1,21 ^b ±0,00	<0,0001
UEL (g/Kg PV ^{0,75})	0,97 ^a ±0,01	1,00 ^c ±0,01	1,00 ^c ±0,01	0,99 ^{bc} ±0,01	0,98 ^{ab} ±0,01	<0,01	1,05 ^b ±0,00	1,06 ^c ±0,00	1,05 ^b ±0,00	1,04 ^a ±0,00	1,05 ^b ±0,00	<0,0001
UEB (g/Kg PV ^{0,75})	0,95 ^a ±0,02	1,01 ^c ±0,00	1,01 ^c ±0,01	0,99 ^{bc} ±0,00	0,97 ^{ab} ±0,01	<0,0001	1,08 ^b ±0,00	1,10 ^c ±0,00	1,07 ^{ab} ±0,01	1,07 ^a ±0,00	1,08 ^b ±0,00	<0,0001

Sur une même ligne et pour un même stade de récolte, les nombres suivis de lettres différentes diffèrent significativement (p < 0,0001 : très hautement significatif ; p < 0,001 : hautement significatif ; p < 0,01 : significatif).

dMO : Digestibilité de la matière organique, dE Digestibilité de l'énergie, UFL : Unité fourragère lait, UFV : Unité fourragère viande, PDIE : Protéines digestibles intestinales permises par l'énergie, PDIN : Protéines digestibles intestinales permises par l'azote EB : Energie brute, UEM, UEB, UEL : Unité d'encombrement mouton, bovin et lait

TABEAU 2 (Suite) : Valeur nutritive et Unités d'encombrement du *Sulla flexuosa* aux cinq stades phénologiques dans les cinq sites du centre nord algérien.

TABLE 2 (Bis): Nutritive value of five phenological stages of *Sulla flexuosa* sampled from 5 zones of north-center Algeria.

Références

- Abdelguerfi A., Laouar M. 1999.** Autoécologie et variabilité de quelques légumineuses d'intérêt fourrager et/ou pastoral. Possibilité de valorisation en région méditerranéenne. *Pastagens e Forragens*, 20 : 81-112.
- Abdelguerfi-Berrakia, R., Abdelguerfi, A., & Bounaga, N. 1988.** Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Hedysarum* L. en Algérie. 3. Dénombrement chromosomique chez 29 populations de 8 espèces.
- 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. *Fourrages*, 126, 187-207.
- Amato, G., Giambalvo, D., Frenda, A. S., Mazza, F., Ruisi, P., Saia, S., & Di Miceli, G. 2016.** Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) as potential feedstock for biofuel and protein. *BioEnergy Research*, 9(3), 711-719.
- Baatout, H., Marrakchi, M., Mathieu, C., & Vedel, F. 1985.** Variation of plastid and mitochondrial DNAs in the genus *Hedysarum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 70(6), 577-584.
- Baumont R., Dulphy J. P., Sauvart D., Meschy F., Aufrère J. et Peyraud J.L. 2010.** Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières: tables et prévision. IN Agabriel J. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA, Paris, 153-183.
- Bastianelli, D. 2019.** Evolution des applications de la SPIR dans le domaine de l'élevage. 20èmes Rencontres HélioSPIR. Montpellier, 14-15 octobre 2019.
- Bastianelli, D., Bonnal, L., Barre, P., Nabeneza, S., Salgado, P., & Andueza, D. 2019.** La spectrométrie dans le proche infrarouge pour la caractérisation des ressources alimentaires. *INRAE Productions Animales*, 31(3), 237-254. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.2.2330>
- 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. *Fourrages*, 186, 229-240.
- Ben Fadhel, N., BOUSSAÏD M., MARRAKCHI M. 1997 :** "Variabilité morphologique et isoenzymatique des populations naturelles maghrébines d'*Hedysarum flexuosum* L.", *El Awamia*, 96, 77-90.
- Borreani, G., Ciotti, A., Peiretti, P.G., Re, G. A., Roggero, P. P., Sargenti, P., Sulas, L. Valente, M. E. 1999.** Relazioni tra stadio morfologico di sviluppo, prodotti vità equalità del foraggio della Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) in due ambienti collinari. *Riv. Agron.* 33:170-176.

Borreani, G., Roggero, PP., Sulas, L. and Valente, ME. 2003. Quantifying Morphological Stages to Predict the Nutritive Value in Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). *Agronomy Journal*, 95(6), 1608-1617.

Chaker-Houd, K., Mebirouk-Boudechiche, L., Maatallah, S., & El-Hamza, T. (2017). Nutritional value of Sulla coronaria L. sampled from natural populations in northeastern Algeria. *FOURRAGES*, (232), 347-352.

Cucchiara R. 1989. Sulla in the nutrition of meat rabbits. *Rivista di Coniglicoltura*, 26: 39-42.

Dentinho, M.T.P., Bessa,R.J.B., Belo, C.A.C., Ribeiro, J.M.R. 2006. Effect of preservation method on the nutritive value of Sulla (*Hedysarum coronarium*). In: Lloveras, J., Gonza´lez-Rodri´guez, A., Va´zquez-Yan˜ez, O., Pin˜eiro, J., Santamarı´a, O., Olea, L., Poblaciones, M.J.(Eds.), Sustainable grassland productivity. Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation, Badajoz, Spain, 3–6 April, 2006, pp.252–254.

El Yemlahi, A., Arakrak, A., Laglaoui, A., Ayadi, M., & Bakkali, M. 2019. Nutritional evaluation of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) ecotypes grown in Northwest region of Morocco. *Moroccan Journal of Biology*, 16 ,9-29.

Errassi, A., Ayadi, M., Chabbi, M., & Jaber, A. (2018). In vitro digestibility and gas production characteristics of *Hedysarum flexuosum* ecotypes from North-western Morocco. *J Mater Environ Sci*, 9(7), 1941-1949.

Gaspari, F., Cinti, F., & Piccaglia, R. 2004. Suitability to ensiling of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) cultivated in North Italy. In Land use systems in grassland dominated regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004 (pp. 969-971). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.

Goumiri, R., Abdelguerfi, A. (1989). Contribution à l'étude des espèces spontanées de la tribu Hédysarées en Algérie : Analyses chimiques du fourrage au stade végétatif. *Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach*, 1989, 13(2), 558-567

Jarrige R., Grenet E., Demarquilly C. et Besle J. M. 1995. Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. In : R. Jarrige (Editeur), Y. Ruckebush Editeur), C. Demarquilly (Editeur), M.H. Farce (Editeur), M. Journet (Editeur), Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion (p. 25-81). Mieux Comprendre, 10. Paris, FRA : INRA Editions.

Kadi, S. A., Belaidi-Gater, N., Oudai, H., Bannelier, M., Berchiche, M., Gidenne, T. 2012. Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits.

Kadi, S. A., Djellal, F., Senhadji, Y., Tiguemit, N., Gidenne, T. (2017a). Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement.

Kadi, S. A., Guermah, H., Bannelier, C., Berchiche, M., Gidenne, T. (2011). Nutritive value of sun-dried sulla (*Hedysarum flexuosum*) and its effect on performance and carcass characteristics of growing rabbits. *World Rabbit Science*, 19(3), 151-159.

Kadi, S. A., Mouhous, A., Djellal, F., Gidenne, T. (2017b). Replacement of barley grains and dehydrated alfalfa by Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in fattening rabbits diet. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9(1), 13-22.

Kalu B.A. and Fick G.W. 1981. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. *Crop Sci.*, 21, 267-271.

Le Houérou, H. N. 2006. Les légumineuses fourragères dans la flore de la zone isoclimatique méditerranéenne. In Workshop international sur la Diversité des fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications biotechnologiques, agronomiques et environnementales (pp. 15-20).

Norman, H. C., Hulm, E., Humphries, A. W., Hughes, S. J., and Vercoe, P. E. 2020. Broad near-infrared spectroscopy calibrations can predict the nutritional value of >100 forage species within the Australian feedbase. *Animal Production Science*, 60, 1111–1122. <https://doi.org/10.1071/AN19310>

Piccioni, M. (1965). Dictionnaire des aliments pour les animaux.

Véla, E., Benhouhou, S. 2007. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes rendus biologies*, 330(8), 589-605.

Vérité R. et Peyraud JL. 1988. Nutrition azotée. In Jarrige R (Eds), *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins*, Ed. INRA, Paris, 75-93.

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

Zirmi-Zembri N., Kadi S. A. 2016. Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1-Les fourrages naturels herbacés. *Livestock Research for Rural Development*, 28(8).

Zirmi-Zembri N., Kadi S.A. 2020a. Chemical composition and nutritive value of *Hedysarum flexuosum* L. Harvested at different phenological stages. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 12(1S), 89-107.

Zirmi-Zembri N., Kadi S. A. 2020b. Morphological Diversity Assessment of Five Populations of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) Harvested at Five Phenological Stages in Kabylie region (Algeria). *Journal of Rangeland Science*, 10(3), 341-356.

Discussion générale

Dans cette partie, nous allons faire une synthèse de l'ensemble des résultats recueillis au cours des trois années d'étude durant lesquelles nous avons entrepris de répondre à cinq sous-objectifs dans le but d'une valorisation d'*Hedysarum flexuosum* en alimentation animale :

- 1- Synthétiser les connaissances disponibles sur l'utilisation des espèces du genre *Hedysarum* dans la nutrition animale.
- 2- Rassembler les données de composition chimiques existantes sur *Hedysarum flexuosum* en base de données et évaluer sa valeur nutritive pour les ruminants.
- 3- Déterminer les usages de cette légumineuse par les populations locales en alimentation animale.
- 4- Evaluer la diversité phénologique des populations naturelles de *H. flexuosum* L. provenant de différents milieux de la région de Kabylie.
- 5- Evaluer la diversité de la valeur nutritive d'*Hedysarum flexuosum* selon le milieu et le stade phénologique au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Pour ce faire, nous avons tracé un protocole et avons œuvré pour répondre aux différents questionnements.

Les espèces du genre **Hedysarum** sont largement utilisées à travers le monde, et ce depuis très longtemps pour le pâturage des animaux domestiques et/ou en affouragement en vert, en foin ou ensilé (bovins, ovins, caprins, équins et lapins), ainsi que par les animaux sauvages (Cerfs, Bisons, ours). Les effets des facteurs antinutritionnels limitent ses utilisations pour les volailles et le porc. Son usage en alimentation de ces deux espèces ne se fait qu'en qualité d'additifs alimentaires destinés à accroître l'efficacité des animaux, à stimuler la reproduction et à améliorer les propriétés des produits grâce à ses propriétés antioxydants, antibactériennes et immuno-modulatrices (Windisch et al, 2008). Leur principal avantage par rapport aux préparations d'origine synthétique est qu'elles augmentent l'efficacité de la consommation des fourrages, stimulent la digestion, réduisent la morbidité, augmentent la rentabilité, n'altèrent pas la qualité de la production et n'augmentent pas le risque de résistance aux microorganismes pathogènes développés chez l'homme et l'animal (Zhilyakova et al., 2013). C'est une source alternative de protéines, d'énergie et de fibres et utilisée aussi comme source de composants bioactifs. Elle possède des taux modérés de tanins condensés ainsi que des inflorescences riches en pollen et en nectar produisant un miel de haute qualité (Satta et al., 2000, Jerković et al., 2010). L'espèce du genre *Hedysarum* la plus étudiée dans le monde est *H. coronarium* avec environ 90% des publications. Concernant *Hedysarum flexuosum*, rares sont les études ayant trait sur sa composition chimique et sa valeur nutritive.

Dans un deuxième temps, nous avons exploité la base de donnée, constituée des résultats de composition chimique d'*Hedysarum flexuosum*, obtenus durant les vingt dernières années, dans le cadre de différents travaux réalisés au niveau de du laboratoire de nutrition animale et produits animaux à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Et selon les trois principales parties de la plante (plante entière, tiges et feuilles seules) et les principaux stades phénologiques tel que définis par Kalu et Fick (1982) pour la luzerne et modifié par Borreani (1999) pour *Hedysarum coronarium* et que nous avons adapté pour *Hedysarum flexuosum* (Tableau 1, Figure 1). Dans cette partie, nous avons pu mettre en place les premiers tableaux de composition chimique et valeur nutritive de cette légumineuse pour ruminants, consommée

ou collectée durant les stades phénologiques 1, 2, 3, 4,5 et 6. Il en ressort qu'*H.flexuosum*, légumineuse fourragère spontanée utilisée en alimentation des ruminants dans le centre nord algérien, est une très bonne source d'énergie et de protéines et que les apports de la plante entière sont de 0,94 à 1,03 UFL, 0,87 à 0,98 UFV, 95 à 130 g de PDIE, 103 à 141 g de PDIN. Un élément important est à remarquer chez cette espèce et qui est son apport en PDIE et PDIN pour chaque stade phénologique qui ne présente qu'un écart de 8 à 11 g, donc elle peut être considérée comme un fourrage équilibré, ce qui favorise une synthèse optimale des protéines microbiennes ainsi qu'une digestibilité satisfaisante de la ration.

Tableau 1 Stades phénologiques d'*Hedysarum flexuosum* adoptés dans le cadre de l'étude

Stade	Dénomination	Caractéristiques
Stade 0	Rosette	Aucune tige ou bourgeon floral
Stade 1	Mi- stade végétatif	Longueur des tiges<15cm, aucune branche
Stade 2	Fin du stade végétatif	Tiges supérieures à 15 cm, aucun bouton floral
Stade 3	Début bourgeonnement	Apparition des premiers boutons floraux
Stade 4	Fin bourgeonnement	Boutons floraux, aucune fleur ouverte
Stade 5	Début de floraison	Apparition des premières fleurs
Stade 6	Floraison	Fleurs ouvertes, aucune gousse
Stade 7	Début formation des gousses	Fleurs brunes, apparition de la première gousse
Stade 8	Pleine formation de gousses	Fleurs brunes, gousses vertes
Stade 9	Maturation de graines	Gousses brunes mûres



Figure 1. Aspects d'*Hedysarum flexuosum* selon le stade phénologique

Par la suite, nous nous sommes intéressés au recueil d'informations sur les usages de cette légumineuse par les éleveurs à l'aide d'un questionnaire établi dans l'esprit d'une enquête ethnobotanique, qui est une des étapes les plus importantes afin de comprendre son utilisation et d'assurer sa conservation. Cette étude a été établie sur plusieurs étapes, d'abord une pré-enquête doublée d'une recherche bibliographique sur la présence d'*Hedysarum flexuosum* au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou. Ce qui nous a permis de localiser nos sites d'étude et qui ont été retenus pour les enquêtes ethnobotaniques. Pour cela, d'Avril à Mai 2018, une enquête mettant l'accent sur l'usage fourrager de cette espèce a été réalisée par interviews individuelles de 105 éleveurs répartis sur tout le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou. Le Sulla est signalé dans une vingtaine de communes à travers la wilaya (Figure 2) où son apparition est surtout remarquée par les éleveurs en Décembre (19,8 %) voire en Février (20,7%). Pour la moitié des éleveurs, le Sulla pousse surtout sur les terrains en pente. Si la grande majorité (84%) distingue les deux formes plagiotrope et orthotrope, seulement près de la moitié (45,3%) soutiennent qu'elle est bisannuelle et près d'un tiers (34%) pensent qu'elle est annuelle. C'est la totalité des éleveurs qui l'utilise en alimentation animale et qui signalent son utilisation aussi en alimentation humaine. En alimentation animale, trois quart des éleveurs l'utilise en vert (affouragement à l'auge ou pâturage). La conjugaison des résultats de la recherche scientifique (sur la morphologie, la phénologie, la biochimie et la valeur nutritive) et du savoir traditionnel et ancestral doit être le socle de tous les programmes de préservation, de sélection, d'amélioration génétique débouchant sur la domestication de *H. flexuosum*.

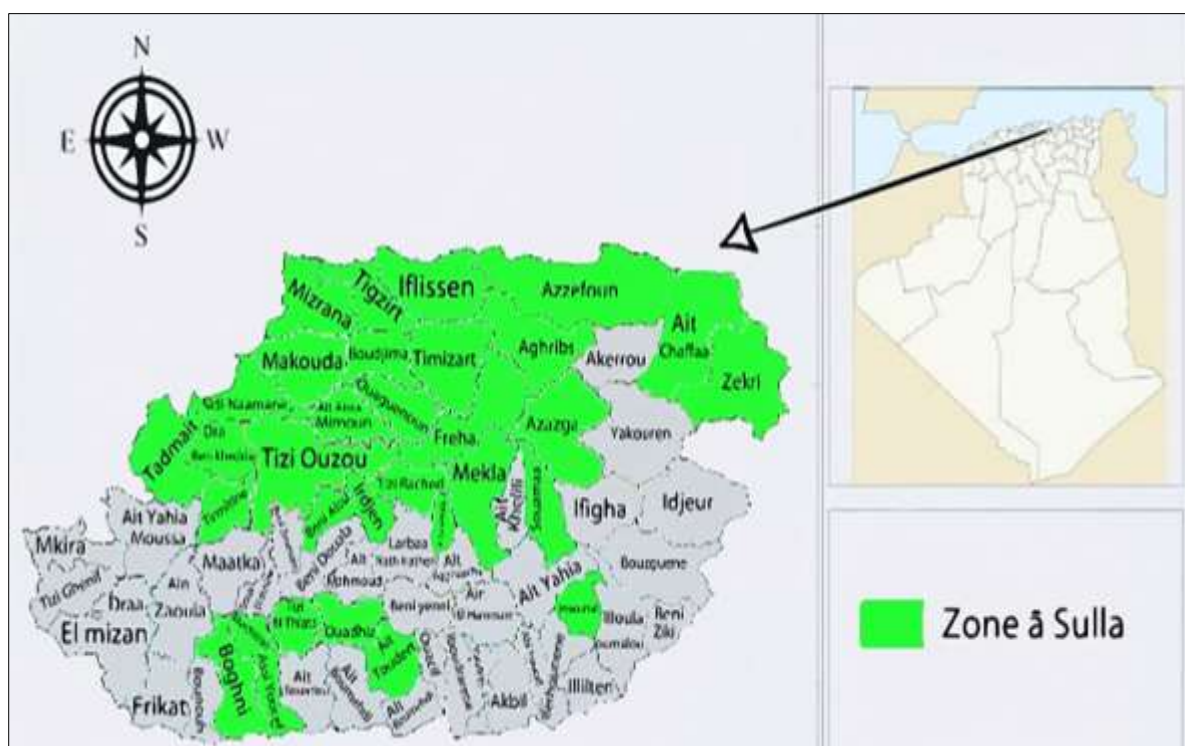


Figure 2. Localisation d'*Hedysarum flexuosum* dans la wilaya de Tizi-Ouzou

La réalisation de la quatrième et cinquième partie a été motivée par les nombreuses observations notées et interrogations soulevées lors du déroulement de l'enquête ethnobotanique :

* Nous avons remarqué qu'il existe des différences morphologiques (hauteur de la plante, périodes de floraison, nombre d'axes....) entre les différentes populations de *Sulla flexuosa* dans les zones enquêtées.

* Les éleveurs maintiennent et poursuivent l'affouragement du cheptel même durant le stade gousses vertes et sont contraints de récolter le foin au stade maturation des graines, pour assurer la pérennité de ce fourrage sur leurs terrains.

La quatrième partie était consacrée à l'évaluation de la qualité et de la production fourragère d'*Hedysarum flexuosum*. Pour se faire, nous avons échantillonné le matériel végétal provenant de cinq populations de la région de la grande Kabylie, choisies selon le gradient Nord (Timizart ; 36 45N, 4 14 E)- Sud (Ait Toudert ; 36 32 N, 4 08 E), Est (Souama ; 36 38N, 4 21E) – Ouest (Sidi Naamane ; 36 45N, 3 59 E) et en incluant une population au centre (Bousmahel ; 36 40 N, 4 08 E). Et sur cinq stades phénologiques (Fin stade végétatif, bourgeonnement, Floraison, gousses vertes et maturation des graines). L'analyse des sols où évoluent ces cinq populations a montré qu'ils sont de texture argileuse à limono-argileuse, en pente avec une altitude variant de 110 à 372 m du niveau de la mer, avec des expositions Sud-Est ou Sud-Ouest. Pour caractériser ces cinq populations et pour les cinq stades phénologiques, nous nous sommes intéressées aux paramètres de la capacité de production fourragère qui sont : Nombre de feuilles par tige, Nombre de feuilles par plante, Poids de matière fraîche et Poids de matière sèche. Ainsi que les paramètres de la qualité du fourrage comme : Nombre de feuilles par tige, Nombre de feuilles par plante, Rapport feuille/tige frais et Rapport feuille/tige sec. Les différences sont très significatives entre les populations naturelles de *Sulla* dans la région de Kabylie pour la plupart des traits morphologiques enregistrés, les analyses de variance effectuées sur les variables ont montré un effet de population très significatif reflétant la variabilité phénotypique entre les cinq populations. Les populations de Bousmahel et Ait Toudert ont présenté, de loin, les caractéristiques les plus élevées, y compris le rendement. L'expression phénotypique d'une population dépend de son génotype combiné aux caractéristiques pédoclimatiques. Berrekia et al (1989) ont constaté que certains caractères de *H. flexuosum* semblent dépendre d'un déterminisme génétique stable, qui s'exprime quel que soit l'environnement, il s'ensuit que certains types morphologiques peuvent également être identifiés, dans le cadre d'une sélection, en relation avec les conditions de l'environnement d'origine. De plus, la supériorité de la biomasse de la population de Bousmahel serait probablement due aux caractéristiques du sol ; riche en matière organique > 2%, PH > 8,30 et le calcaire total : 17,5 à 18,75%. Le rendement en fourrage sec est élevé (moyenne oscillant entre 10 et 34 t MS/ha), avec des pics de 55 Tonnes MS/ha enregistrés pour la population de Bousmahel. En Australie, dans des conditions idéales d'humidité et de températures, *Sulla* peut produire jusqu'à 10 t MS/ha la première année et plus de 20 t MS/ha la deuxième année (De Koning et al., 2010) . Notre étude, focalisée sur certaines caractéristiques morphologiques de cinq populations de *H. flexuosum* de la région de Tizi-Ouzou, a montré que ces populations présentent des spécificités très remarquables, notamment en matière de développement végétatif pour l'ensemble des traits et révèlent que les populations possèdent une remarquable capacité de production fourragère. Le rapport (Feuille/Tige) poids frais obtenue oscille entre 0,10 à 2,03 par stade phénologiques et 0,51 à 0,73 par station. Ces

résultats concordent avec les résultats de Borreani et al. (2003) qui déclarent que le Sulla présente un taux de croissance élevé en phase de reproduction. Nos observations ont montré que Sulla permet une très bonne production fourragère sans apport d'eau supplémentaire.

La dernière partie conclut notre travail sur une note très positive et s'inscrit dans le projet de mise au point des tables de composition chimique et de valeur nutritive des espèces pastorales et fourragères en Algérie. Il a pour objectif de caractériser cinq populations d'*Hedysarum flexuosum* récoltées pendant cinq différents stades phénologiques dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). Un total de 200 échantillons a été séché dans une étuve réglée à 60°C pendant 48 h puis broyés. Chaque échantillon homogène et représentatif a servi pour les analyses, en utilisant l'analyseur proche Infrarouge DA 7250 NIR., et pour les différents paramètres de la composition chimique (MS, MM, CB, NDF, ADF, MAT, MG, Ca et le P). Ces derniers ont permis d'estimer la valeur nutritive des cinq populations d'*Hedysarum flexuosum* et ce pour cinq stades phénologiques. Les valeurs énergétiques, protéiques et d'encombrement d'*Hedysarum flexuosum* pour les cinq stades phénologiques et à travers les cinq populations ont présentés des différences significatives ($P < 0,0001$) pour les paramètres de digestibilité (dMO et dE), pour les éléments de valeur nutritive (UFL, UFV, PDIE et PDIN) ainsi que pour les valeurs d'encombrement (UEM, UEL et UEB). Les valeurs énergétiques les plus élevées sont enregistrées à la fin du stade végétatif, ceci est dû entre autre aux rapports feuilles /tiges au poids frais (2,03) et secs (3,19). Les valeurs protéiques de Sulla flexuosa sont très intéressantes pour les cinq populations et durant les cinq stades phénologiques. La teneur en PDIN la plus élevée est obtenue à Ait Toudert avec une valeur de 140,03g/kg MS au stade bourgeonnement, la même population et au même stade a aussi enregistré la plus importante valeur de PDIE qui est de 96,13g/Kg MS. Le stade maturation des gousses, quant à lui, a présenté les plants ayant les plus faibles teneurs soit 66,73g de PDIN/Kg de MS et 77,39g de PDIE/Kg de MS pour la population de Bousmahel.

Références

- Berrechia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., Guitonneau G.G. 1989.** Contribution to the study of spontaneous species of Hedysarum L. genus in Algeria. IV. Biometric study of some populations of *H. coronarium* and *H. flexuosum* in behavioral tests and in their native environment. Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, 13(2), 506 - 531.
- Borreani G., Ciotti A., Peiretti P.G., Re G. A., Roggero P. P., Sargenti P., Sulas L. Valente M. E. 1999.** Relazioni tra stadio morfologico di sviluppo, prodotti vità equalità del foraggio della Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) in due ambienti collinari. Riv. Agron. 33 :170-176.
- Borreani G., Roggero P.P., Sulas L., Valente M.E. 2003.** Quantifying Morphological Stages to Predict the Nutritive Value in Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). Agronomy Journal, 95(6): 1608-1617.
- De Koning C, Humphries A. 2010.** Performance of sheep grazing Sulla (*Hedysarum coronarium*) based pastures in southern Australia. In" Food Security from Sustainable Agriculture", Proceedings of the 15th Australian Agronomy Conference, 15-18 November 2010, Lincoln, New Zealand. Australian Society of Agronomy Inc.

Jerković I., Tuberso C. I., Gugić M. Bubalo D. 2010. Composition of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) honey solvent extractives determined by GC/MS: norisoprenoids and other volatile organic compounds. *Molecules*, 15(9), 6375-6385.

Kalu B.A., Fick GW. 1981. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. *Crop Sci.*, 21, 267-271

Satta A., Acciaro M., Floris I., Lentini A., Sulas L. 2000. Insect pollination of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) and its effect on seed production in a Mediterranean environment. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 45, 373-377.

Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A. 2008. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of animal science*, 86 (suppl_14), E140-E148.

Zhilyakova T.P., Zinner N.S., Udintsev S.N., Sviridova T.P. 2013. Prospects for the use of aerial parts of alpine penny (*Hedysarum alpinum* L.) and tall elecampan (*Inula helenium* L.) as food-phytogenic additives for Pig breeding. *Tomsk State University Journal of Biology*. 4 (24), 124–132.

Conclusion générale

Au terme des travaux de cette thèse sur la caractérisation d'*Hedysarum flexuosum* ou *Sulla flexuosa* en vue de sa valorisation en alimentation animale, plusieurs conclusions et pistes de recherche se dégagent.

Hedysarum flexuosum, légumineuse fourragère spontanée, utilisée en alimentation des ruminants dans le centre nord algérien, est une bonne source d'énergie et de protéines. Les apports de la plante entière sont de 0,94 à 1,03 UFL, 0,87 à 0,98 UFV, 95 à 130 g de PDIE, 103 à 141 g de PDIN. Ce fourrage devrait être récolté ou pâturé au stade bourgeonnement, au plus tard début floraison.

L'étude ethnobotanique a mis en évidence l'importance de *Sulla flexuosa* comme ressource fourragère spontanée dans l'alimentation du bétail dans cette zone d'élevage. Cette approche participative nous a permis de relever l'importance socio-économique de cette espèce dans la région. Tous les éleveurs enquêtés l'utilisent sous une ou plusieurs formes (en vert, en pâturage ou en affouragement à l'auge et /ou en sec sous forme de foin).

L'analyse de la variation morphologique de certaines populations naturelles de *H. flexuosum* a démontré la diversité de cette ressource fourragère spontanée, largement utilisée dans l'alimentation du bétail dans cette zone d'élevage. Une meilleure connaissance de sa morphologie du développement et des changements de sa dans différents environnements est nécessaire pour optimiser son potentiel pour la production animale.

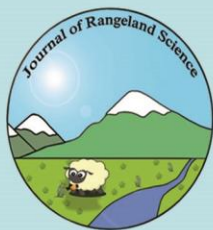
La variabilité en composition chimique et par conséquent en valeur nutritive entre les cinq populations d'*Hedysarum flexuosum* analysées est très marquée. La composition chimique du *Sulla flexuosa*, déterminée par la méthode proche infrarouge (SPIR), est très proche de celle déterminée par analyse physico-chimique au laboratoire pour tous les composés, exception relevée pour la teneur en matière minérale.

Nous avons contribué à l'enrichissement des tables de composition chimique et de valeur nutritive des espèces pastorales et fourragères en Algérie par les valeurs d'*Hedysarum flexuosum* à tous les stades phénologiques.

Enfin, il conviendrait d'explorer le potentiel bioactif de cette légumineuse fourragère comme ses propriétés anthelminthiques par la méthode *in vivo*.

La conjugaison des résultats de la recherche scientifique sur la morphologie, la phénologie, la biochimie et la valeur nutritive ainsi que du savoir traditionnel et ancestral doit être le socle de tous les programmes de préservation, de sélection, d'amélioration génétique débouchant sur la domestication d'*Hedysarum flexuosum*.

Annexes



QUARTERLY PUBLICATION



Islamic Azad University,
Borujerd Branch
ISSN: 2008-9996

Journal of Rangeland Science

Volume 10, Number 3, Summer, 2020



Editor-in-Chief

Associate Professor **Ali Ariapour**, Department of Natural Resources, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Lorestan, Iran
Tel./Fax: +986642518038
Emails: aariapour@iaub.ac.ir, aariapour@yahoo.com

Chief Editor

Professor **Ali Ashraf Jafari**, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran
Tel./Fax: +982144580276-85- +982144580277
Email: aliaashrafj@gmail.com

Managing Editor

Karami, Elahe; M. Sc. Range Management Engineering
Borujerd Branch, Islamic Azad University, Lorestan, Iran

Editorial Board

(Members are listed alphabetically)

Alaba Olufunmilayo; Professor
Abeokuta University, Nigeria

Amiri, Fazel; Associate Professor
Boushehr Branch, Islamic Azad University, Iran

Ariapour, Ali; Associate Professor
Borujerd Branch, Islamic Azad University, Iran

Arzani, Hossein; Professor
University of Tehran, Iran

Farahpour, Mahdi; Associate Professor
Research Institute of Forests and Rangelands, Iran

Fraser, Lauchlan Hugh; Professor
Thompson Rivers University, British Columbia, Canada

Jafari, Ali Aashraf; Professor
Research Institute of Forests and Rangelands, Iran

Mehrabi, Hamid Reza; Assistant Professor
Borujerd Branch, Islamic Azad University, Iran

Mesdaghi, Mansoor; Professor
Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Mohseni Saravi, Mohsen; Professor
University of Tehran, Iran

Safaiian, Nosratollah; Professor
University of Sari, Iran

Shokri, Maryam; Professor
University of Sari, Iran

Zhanhuan Shang; Associate Professor
Lanzhou University, China

Design and Typesetting

Karami, Elahe; M. Sc. Range Management Engineering
Borujerd Branch, Islamic Azad University, Lorestan, Iran

Formating

Asgarian, Maryam; M. Sc. Range Management Engineering
Borujerd Branch, Islamic Azad University, Lorestan, Iran

English Text Editor

Parsa, Samira; Borujerd Branch, Islamic Azad University, Lorestan, Iran

Journal of Rangeland Science (JRS)

P. O. Box: 518, Borujerd, Lorestan, Iran

Postal code: 6915136111

Tel: +986642518038, **Fax:** +986642518023

Emails: rs@iaub.ac.ir, rangelandscience@yahoo.com
rangelandscience@gmail.com, info@rangeland.ir

pISSN: 2008-9996, **eISSN:** 2423-642X

(Published in Iran)

Impact Factor in 2017 (ISC): 0.088

Scopus: CiteScoreTracker 2018=0.61

Impact Factor (SIF): 2.96

Web Site: www.rangeland.ir

Indexed In:

- 1- ISC: <http://isc.gov.ir>
- 2- Google Scholar: scholar.google.com
- 3- SID: <http://www.sid.ir>
- 4- SIF: <http://scienceimpactfactor.com>
- 5- Scopus:
<https://www.scopus.com/sourceid/21100812113?origin=resultslist>

We acknowledge with thanks the financial support of Borujerd Branch, Islamic Azad University, Iran.

Photo by: Farzad Parsa, 2019, Iran, Lorestan, Kuhdasht, Shirez

Publisher: Regional Information Center for Science and Technology (RICeST)

HYPERLINK "<http://www.ricest.ac.ir>**"** www.ricest.ac.ir

Tel: +98 (71) 36468452 **Fax:** +98 (71) 36468352

Certified by: Central Organization of Islamic Azad University; No. 87/450866; 88/12/3

Certified by: Ministry of Culture and Islamic Guidance; No. 90/10402; 90/04/27

"Scientific-Research" rank granted by: Islamic Azad University; No. 85-86; 90/11/10

The Ministry of Sciences, Research and Technology of I.R. Iran has approved the Scientific-Research grade of this journal through the approval letter No. 3/18/65490; 92/05/06 Dated

CONTENTS

Volume 10, Number 3, Summer 2020

(Papers are listed based on date of acceptance)

- Plant Responses to Individual and Combined Effects of Abiotic Stresses: *Lycium depressum* L. Vegetative Parameters under Salinity and Drought.....**Pages 228-243
Abolfazl Sharifian Bahraman; Adel Sepehry; Hossein Barani
- Effects of Sowing Season and Cultivation Methods on Seedling Emergence, Survivor Rate and Growth of *Astragalus flexilepes* L. in Rangelands of Kermanshah Province, Iran.....**Pages 244-250
Khosrow Shahbazi; Mohammad Fayaz
- A Review of Bush Encroachment in Namibia: From a Problem to an Opportunity?.....**Pages 251-266
Rosemary Shikangalah; Benjamin Mapani
- Livestock Production at the Nexus of Resources Competition and Ethnoreligious Cynicism in Nigeria– Implicative Analysis on Food Security.....**Pages 267-281
Akeem Sikiru
- Investigation of Climatic Parameters Affecting Annual Forage Production in Bidalam Rangeland, Abadeh, Fars Province, Iran.....**Pages 282-290
Hossein Arzani; Eshagh Omidvar; Saeed Mohtashamnia; Seyed Akbar Javadi; Mohammad Jafari
- Effect of Mining Activities on Structure and Function of Rangeland Ecosystem Using the Landscape Function Analysis (LFA) (Case study: Dareh Zereskh Copper Mine, Yazd, Iran).....**Pages 291-301
Elham Fakhimi; Javad Motamedi
- Treatments for the Optimization of *Salsola turcomanica* (Litv) Seed Germination and the Effects of Different Drought and Salinity Levels.....**Pages 302-315
Armin Arrekhi; Hamid Niknahad Gharmakher; Johann Bachinger; Ralf Bloch
- Biophysical Characteristics of Deli River Watershed to Know Potential Flooding in Medan City, Indonesia.....**Pages 316-327
Sumihar Hutapea
- Comparative Study of Species Diversity in different Land Use Units of the Borana Lowlands, Southern Oromia, Ethiopia.....**Pages 328-340
Gemedo Dalle
- Morphological Diversity Assessment of Five Populations of *Sulla* (*Hedysarum flexuosum* L.) Harvested at Five Phenological Stages in Kabylie region (Algeria).....**Pages 341-356
Nacima Zirmi-Zembri; Si Ammar Kadi

Director-in-Charge
A. Ariapour

Editor-in-Chief
A. A. Jafari

pISSN: 2008-9996
eISSN: 2423-642X

CALL FOR PAPERS

- High quality print out journal on glossy paper

- Online submission and reviewing
- Online status inquiry
- Rapid evaluation and publication
- Immediate publication on the net
- Providing a hard copy
- Article processing is free of charge

TOPICS

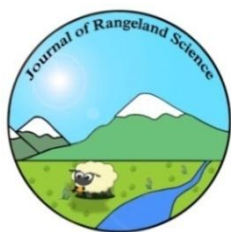
The Journal of Rangeland Science (JRS) is currently accepting manuscripts for publication. JRS publishes high-quality articles, in English, in all areas of Rangeland Science as follows:

- Rangeland Ecology
- Eco-physiology of Rangeland Plants
- Seed Science and Technology
- Socio-Economic Factors of Basin
- Rangeland Hydrology
- GIS and Rangelands
- Remote Sensing
- Ecosystems Modeling
- Mathematical and System Modeling
- Sustainable Development Studies
- Modeling of Alternative Futures
- Global Environmental Change and Ecosystems Management
- Carbon Capture and Storage
- Satellite Applications in the Natural Resource Management
- Natural Resource Restoration and Ecological Engineering
- Habitat Reconstruction
- Biodiversity Conservation
- Climate Change and Impact
- Use and Conservation of Rangeland Resources
- Forage Quality

- Medicinal Plants
- Landscape Degradation and Restoration
- Ground Water Remediation
- Natural Resource Sustainability
- Natural Resource Systems Approach
- Modeling and Decision Support Tools in Natural Resource
- Monitoring and Analysis of Natural Resource Contaminant
- Storm-Water Management
- Relationship between Animal and Rangeland
- Analysis and Assessment of Rangeland
- Rangeland Development and Improvement
- Ly-farming
- Utilization Systems of Rangeland
- Soil and Water Conservation
- Sociology of Plant
- Law and Regulation of Rangeland
- Quality and Nutrient Valuable of Rangeland Plants
- Erosion and Sediment in Rangeland



Impact Factor in 2017 (ISC): 0.088
Indexed in Scopus:
<https://www.scopus.com/sourceid/21100812113?origin=resultlist>



Contents available at ISC and SID
Journal homepage: www.rangeland.ir



Research and Full Length Article:

Morphological Diversity Assessment of Five Populations of Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) Harvested at Five Phenological Stages in Kabylie region (Algeria)

Nacima Zirmi-Zembri^{A*}, Si Ammar Kadi^B

^A PhD Student, Department of Agronomic Sciences, Faculty of Biological Sciences and Agronomics Sciences, Analytical Biochemistry and Biotechnologies Laboratory (LABAB), Mouloud Mammeri University UN1501, Tizi-Ouzou. Algeria, *(Corresponding author), Email: zembrinacima@gmail.com

^B Professor, Department of Agronomic Sciences, Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences, Analytical Biochemistry and Biotechnologies Laboratory (LABAB), Mouloud Mammeri University UN1501, Tizi-Ouzou, Algeria.

Received on: 28/01/2020

Accepted on: 08/05/2020

Abstract. *Hedysarum flexuosum* L. is an important forage legume with high nutritive value. The determination of forage production in natural habitats is the most important factor for grazing management. Studies on its habitat characteristics and distribution are scarce. This research was conducted in order to evaluate the extent of pheno-morphological diversity in natural populations of *Hedysarum flexuosum* from different environments throughout Tizi-Ouzou province (Algeria), and to analyse the relationships among the diversity patterns and environmental parameters. Some morphological characters that reflect the behaviour and diversity of biogeographical origin of five natural populations of *Hedysarum flexuosum* collected *in situ* under edaphic and climatic conditions of the region of Kabylie, for five phenological stages (vegetative growth, budding, flowering, seed setting and seed ripening), were determined. The sites have been chosen following the gradient East (Souama), West (Sidi Naamane), North (Timizart), and South (Ait Toudert) and site in the Center (Bousmahel). Plant samples harvested from 12 plants for stems and leaves parameters as a replication in each phenological stage. The parameters were: leaves number per plant, leaves number per stem, stems number per plant, weight of fresh leaves, weight dried leaves, weight of fresh stems and weight dried stems, Leaf/stem ratio for fresh and dry weight, and forage dry yields. Soil samples were analysed to determine pH, EC, total limestone, organic carbon percentage and soil texture. Results showed that this species grows in soils with lime amount between 0.63 to 20%, clay or clay loam texture, acidity from 7.62 to 8.40 and organic matters from 0.21 to 2.54%. Furthermore, results showed significant effect ($p < 5\%$) of *H. flexuosum* populations (sampling sites) and phenological stages on all traits, except leaf/stem ratio (fresh weight and dry weight) for sites. The findings of this study can be noticed for proper range management, conservation and development for this valuable species in such conditions.

Key words: *Sulla flexuosa*, Populations, Morphological characters, Phenological stage, Algeria

Introduction

The Mediterranean region is very rich in biodiversity and continues to be the source of new traits, particularly resistance to drought and salinity, sought for improved production of a large number of important crops at the global level, such as legumes. Thus legumes, through their agronomic, food and ecological interests, are currently the focus of international organizations. Bioclimatic variation give rise to very diverse types of vegetation as forests, maquis, matorrals, meadows, pastures, rangelands, grasslands and steppes. The combination of several factors, especially anthropogenic actions associated with climate change causing the decline of biodiversity in the world. In North Africa, the climate has become drier and pastoralists are facing the problem livestock feed. In Algeria, forage and pastoral production is less than livestock needs (Abdelguerfi and Laouar, 1999). The area fodder in the province of Tizi-Ouzou (cultivated and natural fodder) is estimated about 15387 ha and remain insufficient, taking into account the needs of the livestock that count 70274 cattle, 113669 sheep and 38688 goats according to DSA (2019). Algeria has a very rich heritage of spontaneous forage species that, used without any improvement, could mitigate the combined effects of lack of quantity and quality of forage (Abdelguerfi and Laouar, 1999). Inputs of certain species are at the same level, or even better than some fodder resources cultivated (Zirmi-Zembri and Kadi, 2016; Kadi and Zirmi-Zembri, 2016). Therefore, the preservation and valorisation of local phytogetic resource, particularly *Hedysarum*, could play a significant role in the increase of forage production in Algeria. The use of adapting species is the first step in the long challenges to find solutions to resorb the feed deficit.

Hedysarum flexuosum L., syn. *Sulla flexuosa* [L.] Medik. is part of the genus *Hedysarum*, it is an annual leguminous plant

originating from the western Mediterranean region and North Africa (Le Houérou, 2001). There is evidence that forage legumes, as components of mixed grass-legume swards, can provide multiple benefits to agriculture by acting at different stages in the soil-plant-animal- atmosphere system. The species plays a key role in organic production and low-input oriented agriculture, and commonly used to enhance the productivity and sustainability of farming systems. *H. flexuosum* is a multi-use species that could be considered from different viewpoints. There is a growing interest in *Sulla* in traditional and in non-traditional areas (particularly in New Zealand and Australia), due to its excellent adaptability to marginal and drought prone environments (Borreani *et al.*, 2003; Annicchiarico *et al.*, 2008). It is a forage used for grazing (De Koning *et al.*, 2010), hay (Foster, 2010) and silage production (Slim and Ben Djeddi, 2012); and good quality forage, with high protein content (Kadi *et al.*, 2015; Zirmi-Zembri and Kadi, 2020). Because of its spontaneous and uncultivated forage character, *Hedysarum flexuosum*, commonly known as *Sulla*, is unfortunately, ranked on the red list of species at high risk of extinction (Groom, 2012). The aim of the present study was to evaluate the extent of phenological diversity in natural populations of *H. flexuosum* L. from different environments throughout Tizi-Ouzou Province, and to analyse the relationships among the diversity patterns and environmental parameters of the collection sites.

Materials and Methods

Study area

The study was carried out in Tizi-Ouzou province, which is located between 36  43' and 36  91' latitude north and between 3  79' and 4  72' longitude east and covers an area of 3993 km² (Fig. 1). This province is

located in the hotspot Kabyles-Numidie-Kroumirie according to Vêla and Benhouhou (2007), in the North of Algeria, 100 km east of the capital Algiers. The climate of study area, classified as Mediterranean, is characterized by summer water deficit, growth period in spring and autumn, where the average annual precipitation is around 800 to 1200 mm (ONM, 2020)

Methodology

After investigations followed by an ethnobotanical survey on the use of *H. flexuosum* in animal feed carried out in 2018 in the same region (Zirmi-Zembri and Kadi, 2019), we were able to identify the natural zones of presence of this forage legume. It is on this basis that we selected the representative stations of this study. Five stations were selected following the gradient East (Souama), West (Sidi Naamane), North (Timizart), South (Ait Toudert) and including a site in the Center (Bousmahel) of Tizi-Ouzou province (Table 1 and Fig. 1).

Determination of soil characteristics

Soil sampling was performed using a diagonal randomized method (10 samples at each site) at a depth of 0-10cm and 10-20cm (depending on depth of root development and low depth of mountainous area) in September 2018. For each station, we have formed two composite soil samples that were analyzed in the soil analysis laboratory of Mouloud Mammeri University (Tizi-Ouzou, Algeria) to determine the following characteristics:

- a) Acidity (pH), measured by a pH meter.
- b) Electrical Conductivity (EC) determined using EC meter; it is a tool to estimate soil salinity.
- c) Total limestone and Organic carbon percentage, determined using burning and weighing method (Nelson, 1982).

- d) Soil texture measurements, using a standard lab hydrometer method (SSC-Orstom).

Evaluation of the quality and forage production of *H. flexuosum*

Five populations of *H. flexuosum* were evaluated for some morphological characters and forage dry matter yield. Forage samples were taken at five phenological stages (Fig. 2) according to Zirmi-Zembri and Kadi (2020, Fig.3), including vegetative growth (stage2), Budding (stage 4), flowering (stage 6), seed setting (stage 8) and seed ripening (stage 9) over the five populations. Vegetation sampling was performed using random systematic method, between March and June 2019 in the morning. Samples were transported to the animal nutrition and animal products laboratory of Mouloud Mammeri University (Tizi-Ouzou). Then, we accounted for each 12 plants the number of leaves and stems (LN/P, LN/S, SN/P) and, immediately, separated fresh leaves and stems were weighed (WFL, WFS). To determine the leaves and stems dry weight (WDL, WDS), fresh samples were oven dried at 60°C for 48 hours. Three hundred plants were harvested for the five stages and for the five populations.

To determine the leaf /stem ratio (fresh and dry weight), we divided leaves weight (fresh and dry) over stems weight (fresh and dry) respectively.

To determine fresh yield, a quadrat 50×50 cm randomly laid out in each plot (Fig.2) and plants manually clipped at ground level using a small scythe. The plants from each plot were weighed separately to determine fresh yields of populations for each phenological stages (kg/0.25 m²). These samples were oven dried at 60°C for 48 hours to get dry matter (DM) percentage and forage dry matter yield. The data were then converted to ton/ha.

Statistical Analyses

All statistical analyses were performed using R software.3.6.1. For all measured parameters, differences between the stations and phenological stages (soil and

morphological parameters) were calculated using Two-way and/or one-way analysis of variance (ANOVA) and means comparisons were made using Tukey pairwise test ($P \leq 0.05$).

Table1. Geographic and topographic data of prospected populations for morphological analysis of *H. Flexuosum*

Stations	Latitudes	Longitudes	Elevation (m)	Topography	Exposition
Ait toudert	36°32'27.05" N	4°08'48.51" E	372	Slope	South-East
Bousmahel	36°40'54.03" N	4°08'54.42" E	186	Slope	South-West
Sidi naamane	36°45'51.11" N	3°59'59.54" E	110	Slope	South-East
Souamaa	36°38'53.38" N	4°21'11.55" E	340	Slope	South-East
Timizart	36°45'32.71" N	4°14'30.27" E	219	Slope	South-West

N: north; E: east

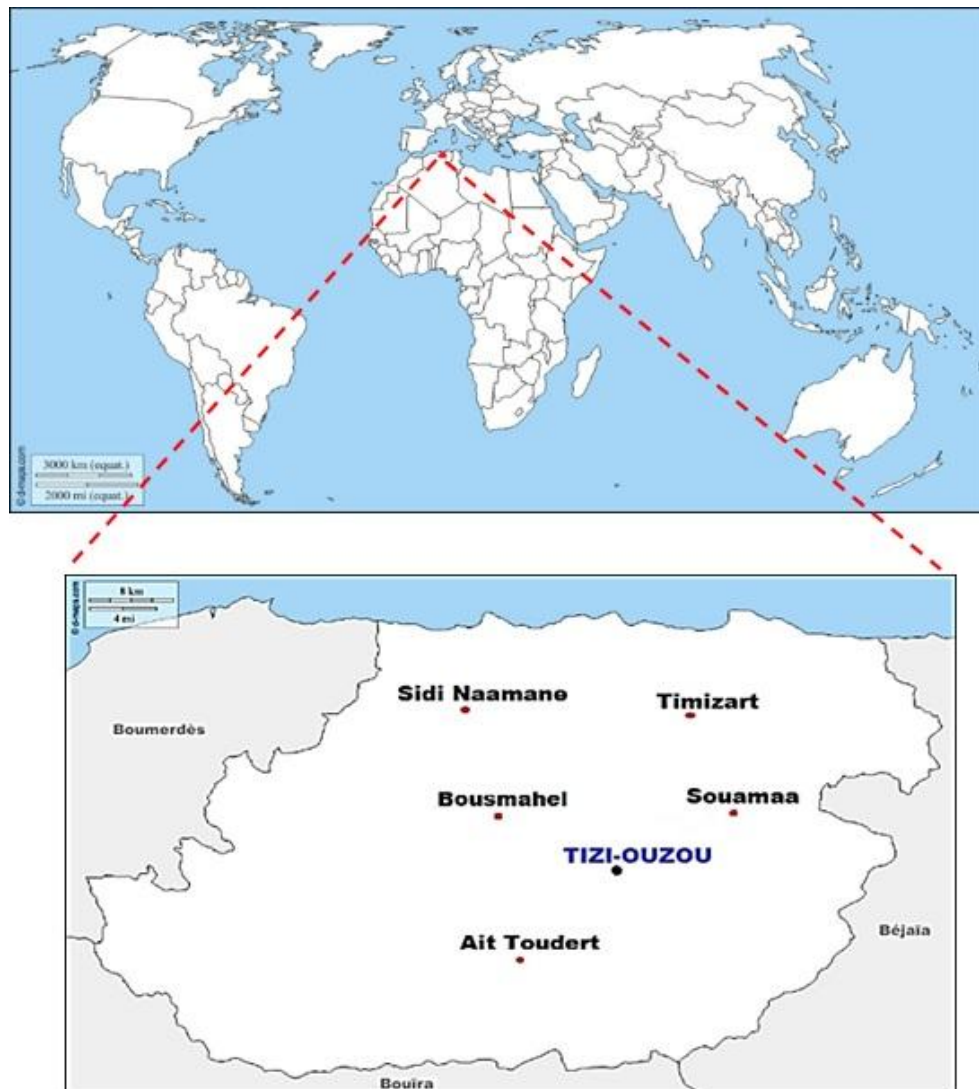


Fig.1. Geographical location of the five stations of *Hedysarum flexuosum* in Tizi-Ouzou province, Algeria

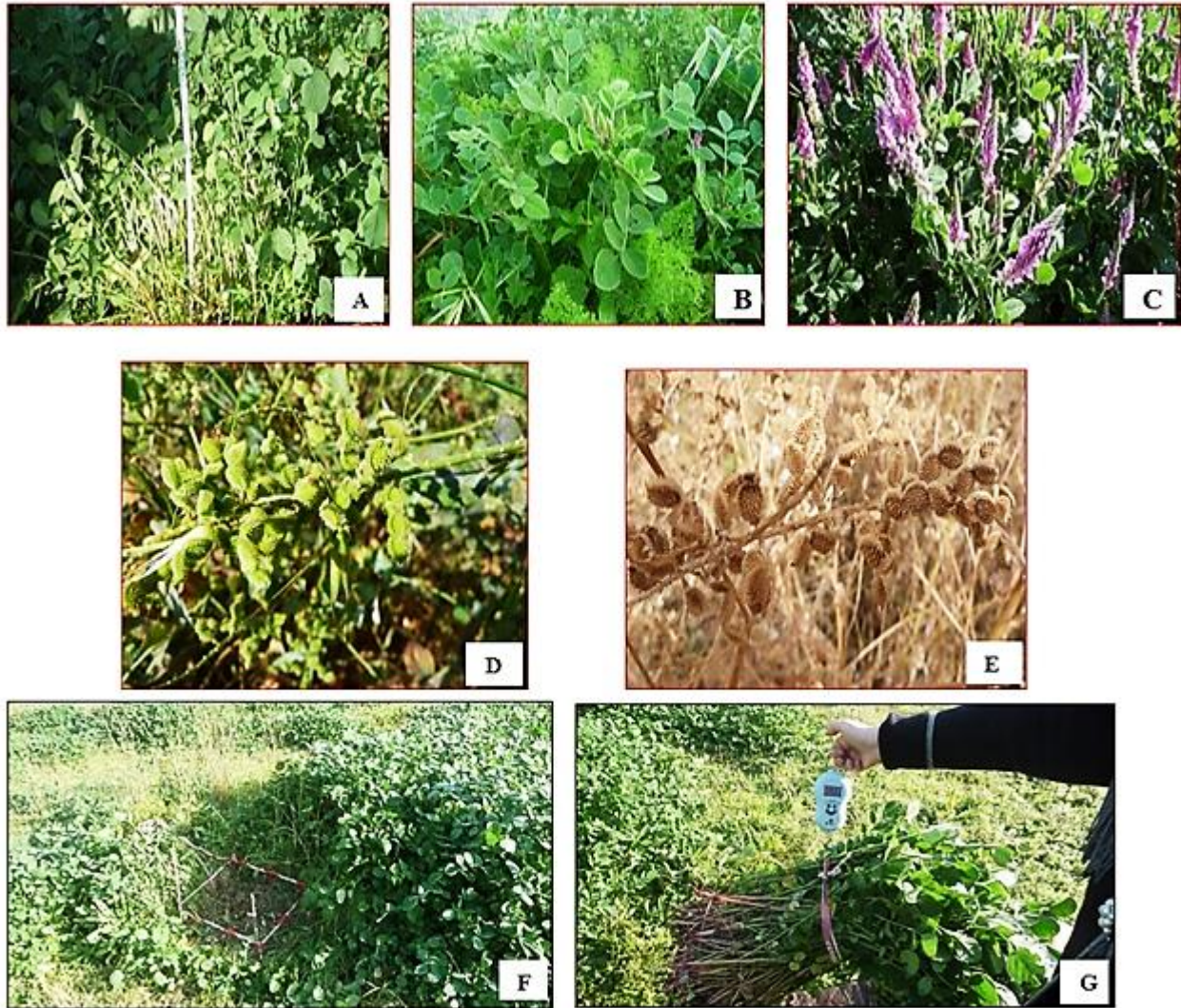


Fig. 2. A, B, C, D and E: Different harvesting stages of *Hedysarum flexuosum*. A-vegetative growth (stage 2), B- Budding (stage 4), C-flowering (stage 6), D-seed setting (stage 8) and E- seed ripening (stage 9), F: quadrat 0.5×0.5 m, G: weighing forage fresh yield



Fig.3. Aspect of *Hedysarum flexuosum* according to phenological stage (Zirmi-Zembri and Kadi, 2020)

Results

Results showed that the five stations of *Hedysarum flexuosum*, located in the province of Tizi-Ouzou, were at altitude of 110 to 372 m above sea level. Abdelguerfi (2002) reported that *H. flexuosum* has never been encountered at more than 600 m altitude. The sites were slope topography and oriented southeast for the populations of Sidi Naamane, Souama and Ait Toudert,

while Bousmahel and Timizart populations have a southeast exposure. Tizi-Ouzou province constitutes one of the most wooded in the country (38% afforestation rate), due to favorable bioclimatic conditions (sub-humid and humid).

Soil parameters

According to the results obtained from the analysis of soil properties (Table 2), there

were significant differences between the five sites for all traits such as acidity, organic matter percentages (10-20cm) and total limestone ($p < 0.001$). Electrical conductivity and organic matter percentage in depth 0-10cm ($p < 0.01$). There was no significant difference between the means of EC (10-20cm) from the five soils of the stations studied. The mean value of EC oscillates between 141.30 to 178.95 $\mu\text{S}/\text{cm}$, in 0-10cm depth and 119.40 to 137.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in 10-20cm depth.

The five soils are alkaline with acidity ranged from 7.62 to 8.36 in 0-10cm depth and 7.86 to 8.40 in 10-20cm depth. It can be seen from data in Table 2 that soils pH of Ait Toudert (8.32), Bousmahel (8.31) and Timizart (8.36) reported significantly higher than Souama (7.62) and Sidi Naamane (7.80) soils in 0-10cm depth. Concerning soils from the depth of 10-20cm, the trend is the same as for the depth 0-10cm with higher alkalinity (Souama; 7.86; Sidi Naamane: 8.17; Ait Toudert: 8.32; Bousmahel: 8.35 and Timizart: 8.40). The highest value was obtained on Timizart site and the lowest was from Souama.

On the other hand, for total limestone, there was a great variability from soil to another, Sidi Naamane and Souama obtained the minimum value i.e. 0.63%, 3.13% in 0-10cm depth and 1.88%, 0.63% in 10-20cm depth respectively. Bousmahel and Timizart stations obtained the largest percentages with 17.5% in 0-10cm depth and 18.75%, 20% respectively. Nevertheless, Ait Toudert soil presented average values intermediate of

total limestone, 10.63% and 9.38%, respectively from depths 0-10cm and 10-20cm.

We also noticed that results of edaphic data showed that the soils of the five areas presented significant differences for organic carbon percentage. For the 0-10 cm depth, the percentage of organic matter divided the five Sulla soils into two groups; Souama, Bousmahel, Ait Toudert and Sidi Naamane dosing the highest values 2.54, 2.33, 2.22 and 2.22% respectively, in contrast, - Timizart presented the lowest rate (1.80 %). More in depth, from 10-20 cm, there is a clear trend of decreasing of the organic matter rates for all the soils of the five stations. The soils of Ait Toudert and Timizart dosed the lowest rates: 0.21% and 0.53% respectively. On the other hand, the soils of Bousmahel and Souama contained the highest percentages (2.12%). The soil of Sidi Naamane presented an intermediate organic matter rate (1.59%) between the two preceding groups of soils.

Soil texture were detailed in Table 3, the clay content was twice as high in Ait Toudert soil than in the other four soils, with 60.52% against (31.26 to 37.36%) respectively in 0-10cm depth. While at 10-20cm depth, Souama (45.16%) and Timizart (59.73%) soils dosed more clay, nevertheless, Ait Toudert, Bousmahel and Sidi Naamane soils stays in the same percentages with the first depth. As a result, all the soil in *Hedysarum flexuosum* habitats was clayey or clayey-loamy texture.

Table 2. Values of soil physico-chemical parameters in five habitats of *H. flexuosum*

Sits	pH		EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Total limestone (%)		Organic Matter (%)	
	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm
Ait Toudert	8.32 a	8.32 a	149.85 b	137.70 a	10.63 b	9.38 b	2.22 a	0.21 c
Bousmahel	8.31 a	8.35 a	160.45 ab	128.50 a	17.50 a	18.75 a	2.33 a	2.12 a
Sidi Naamane	7.80 b	8.17 b	178.95 a	123.55 a	0.63 d	1.88 c	2.22 a	1.59 b
Souama	7.62 c	7.86 c	174.65 a	119.40 a	3.13 c	0.63 d	2.54 a	2.12 a
Timizart	8.36 a	8.40 a	141.30 b	130.55 a	17.50 a	20.00 a	1.80 b	0.53 c
SEM	0.08	0.06	3.80	1.96	1.90	2.14	0.06	0.21
P value	<0.001	<0.001	<0.01	0.145	<0.001	<0.001	<0.01	<0.001

a, b, c, d Means in a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Soil texture in the five stations of *H. flexuosum*

Stations	0-10cm			10-20cm			Soil texture
	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	
Ait Toudert	60.52	26.24	13.24	58.99	28.44	12.57	clayey
Bousmahel	31.26	37.89	30.85	33.86	33.58	32.56	Clayey loam
Sidi Naamane	37.10	25.61	37.29	33.99	27.52	38.49	Clayey loam
Souama	31.57	52.99	15.44	45.16	40.47	14.37	Clayey loam
Timizart	37.36	42.05	20.59	59.73	23.77	16.50	clayey

Agronomic traits and forage production of *Hedysarum flexuosum*

The results of two way ANOVA as shown in Table 4 presented significant differences among phenological stages, locations and location by phenological stages for all traits ($P < 0.01$), except leaf/stem ratio (fresh weight and dry weight) for locations.

Table 5 displays the results between the phenological stages. The higher mean values for leaf number per plant was obtained in flowering and seed setting stages (59.80 and 66.42) respectively, followed by budding stage (40.48) and lowest leaf number was found at seed ripening and late vegetative stages (26.63 and 19.13). Another important parameter leaf number per stem divided harvested stages to three groups, first which included seed setting (9.30), vegetative (8.61) and flowering (8.15) stages, secondly budding stage (6.46) and finally seed ripening stage (3.09).

Regarding stem number per plant, we noticed two groups; the first is composed only late vegetative stage with the lowest value (2.07), however second group is represented by budding, flowering, seed setting and seed ripening stages (6.84, 7.93, 8.04 and 7.03 respectively).

In addition, budding stage recorded the highest leaves fresh weight (57.38g) followed by flowering (50.58g), late vegetative (41.88g), than seed setting (19.71g); in contrast, the seed ripening registered the lowest value (4.26g). However, the phenological stage effect according to stem fresh weight, can be divided into several groups, first composed the highest value, measured at flowering

stage (112.28g), then budding (106.23g), followed by seed setting stage (91.14g) and the last group, included seed ripening (30.68g) and late vegetative stages (24.38g). Leaves dry weight was important at budding (8.10g) and flowering (8.34g) stages and minimum at seed setting (4.88g) and seed ripening (3.52g). Late vegetative stage with 5.85g obtained the intermediate value. Whereas DWS was highest at seed setting (18.25g) and seed ripening stages (16.33g), then flowering (12.90g) and budding (11.58g) stages ensued. Finally, with 2.33g of stem dry weight was weighed from late vegetative stage.

The values of leaf/stem ratio was clearly, most important for late vegetative stage (2.03 fresh weight and 3.19 dry weight), then we found budding (0.54 fresh weight and 0.78 dry weight) and flowering stages (0.44 fresh weight and 0.65 dry weight). Lowest stages composed of seed setting (0.19 fresh weight and 0.22 dry weight) and seed ripening (0.10 fresh weight and 0.15 dry weight).

The results, as shown in Table 6, indicate a significant difference between the studied populations (locations), for all of traits ($p < 0.01$) except leaf/stem ratio (fresh weight and dry weight).

Overall, these results reveal differences between different parameters of the five populations of *Hedysarum flexuosum*. Three groups stand out, the first group with the lowest values grouping the populations of Sidi Naamane and Souama leaf number per plant: 31.54 and 35.79; stem number per plant: 4.66 and 5.27; leaves fresh weight: 31.39g and 30.42g; stem fresh weight:

65.19g and 56.76g; leaves dry weight: 4.05g and 4.57g; stem dry weight: 10.29g and 10.43g, respectively). However, Ait Toudert and Bousmahel populations presented the highest values (leaf number per plant 43.64 and 47.28; stem number per plant: 7.28 and 7.62; leave fresh weight: 55.75g and 40.04g, stem fresh weight: 96.92g and 86.41g; leave dry weight: 8.59g and 7.10g; stem dry weight: 14.94g and 16.56g respectively). On the other hand, it has been noted for Timizart population intermediate values (leave number per plant: 42.26; stem number per plant: 6.53; leave fresh weight: 43.67g; stem fresh weight: 79.99g; leave dry weight: 6.67g and stem dry weight: 12.40g).

The value of leaf number per stem was higher in Timizart station (9.03), followed by Souama with intermediate value (8.06) and finally the lowest value were registered from Bousmahel, Sidi Naamane and Ait Toudert populations (6.77, 7.11 and 7.14 respectively).

What stands out in figure 4,5,6,7,8 and 9 is the global view of the evolution of

agronomic traits (leaves number per plant, stems number per plant, weight of fresh leaves, weight dried leaves, weight of fresh stems and weight dried stems) of *Hedysarum flexuosum* in the five stations (Ait toudert, Bousmahel, Sidi Naamane, Souamaa and Timizart) for the five phenological stages (vegetative, Budding, flowering, seed setting and seed ripening).

Forage yield in Souama, Timizart, Ait Toudert was average, ranging from 21 to 25 tons DM.ha⁻¹ (Fig. 10). The most productive population was Bousmahel population, with the mean for the five stages that was 37 tons DM. ha⁻¹, while the least productive population, with up to 20 tons DM.ha⁻¹ was Sidi Naamane population. Results showed that this species product a forage dry yield between 18 to 37 tons DM per hectare (Fig.10). The DM yields of the fives populations of this legume at a particular harvest stage are influenced by the environmental conditions and utilisation pattern.

Table 4. Summary of two-way ANOVA and level of significant MS for leaves and stem production of *H. flexuosum* harvested at five phenological stages in 5 research stations in Kabylie region

SOV	DF	Leaves No./plant	Leaves No./Stem	Stem No./plant	Leaves FW	Stem FW	LSR FW	Leaves DW	Stem DW	LSR DW
Phenological stage	4	174994**	1467.7**	1685.7**	122176**	495430**	128.9**	1692.6**	12099.1**	318.06**
Location	4	33569**	18.95**	540.8**	16299**	76537**	6.05	724.8**	3344.5**	15.12
Stage x Region	16	15255**	397.2**	409.4**	10223**	85377**	20.9**	426.5**	2587.4**	36.18**

*Significant at $P < 0.05$, ** Significant at $P < 0.01$, LSR= leaf/stem weight ratio, FW= fresh weight, DW= dry weight

Table 5. Mean comparison among five phenological stages for leaves and stem production of *H. flexuosum* averaged over 5 research stations in Kabylie region

Phenological Stages	Leaves No/ plant	Leaves No./Stem	Stem No /plant	Leaves FW (g)	Stem FW (g)	LSR FW	Leaves DW(g)	Stem DW(g)	LSR DW
Late vegetative	19.13 c	8.61a	2.07b	41.88b	24.38c	2.03a	5.85b	2.33c	3.19a
Budding	40.48 b	6.46b	6.84a	57.38a	106.23ab	0.54b	8.10a	11.58b	0.78b
Flowering	59.80 a	8.15a	7.93a	50.58ab	112.28a	0.44bc	8.34a	12.90b	0.65b
Seed setting	66.42 a	9.30a	8.04a	19.71c	91.14b	0.19cd	4.88bc	18.25a	0.22c
Seed ripening	26.63 c	3.09c	7.03a	4.26d	30.68c	0.10d	3.52c	16.33a	0.15c

Means, within columns, followed by the different letter are significantly different ($P < 0.05$).

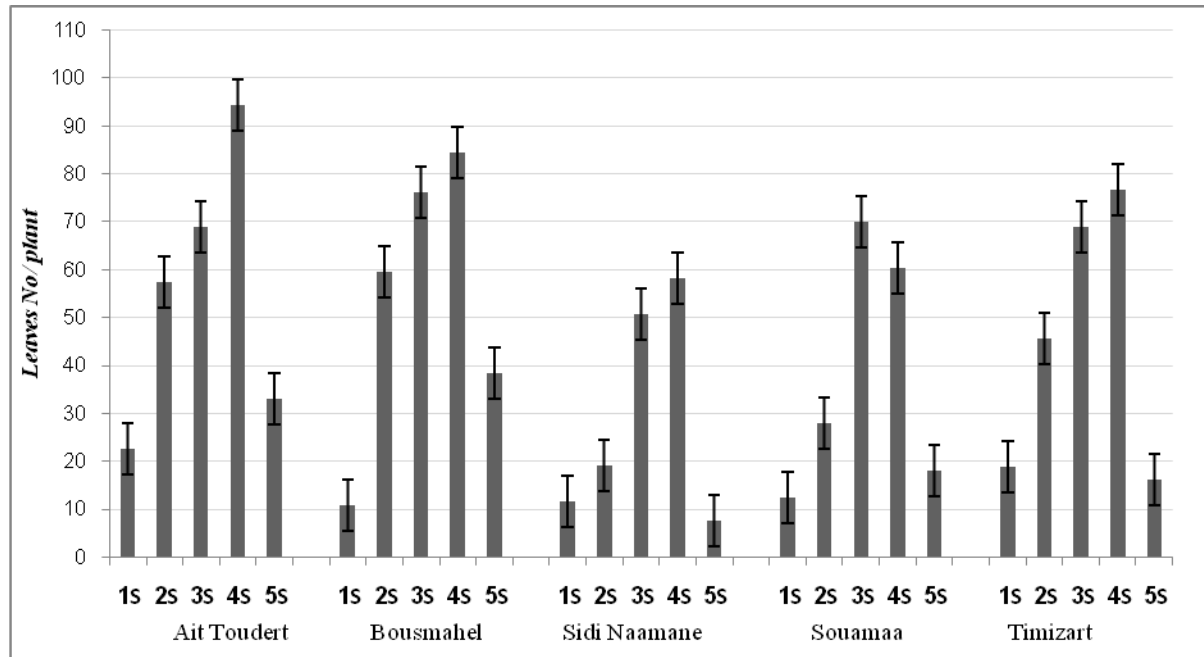
LSR= leaf/stem weight ratio, FW= fresh weight, DW= dry weight

Table 6. Mean comparison among five stations for leaves and stem production of *H. flexuosum* averaged over five phenological stages in Kabylie region

Locations	Leaves No/ plant	Leaves No./Stem	Stem No/plant	Leaves FW (g)	Stem FW (g)	LSR FW	Leaves DW(g)	Stem DW(g)	LSR DW
Ait Toudert	43.64ab	7.14b	7.28a	55.75a	96.92a	0.73a	8.59a	14.94a	0.58a
Bousmahel	47.28a	6.77b	7.62a	40.04b	86.41ab	0.51a	7.10a	16.56a	0.43a
Sidi Naamane	31.54b	7.11b	4.66c	31.39b	65.19bc	0.58a	4.05b	10.29b	0.63a
Souamaa	35.79ab	8.06ab	5.27bc	30.42b	56.76c	0.58a	4.57b	10.43b	0.64a
Timizart	42.26ab	9.03a	6.53ab	43.67ab	79.99ac	0.73a	6.67a	12.40ab	0.53a

Means, within columns, followed by the different letter are significantly different (P<0.05).

LSR= leaf/stem weight ratio, FW= fresh weight, DW= dry weight

**Fig. 4.** Mean of leaves number per plant in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

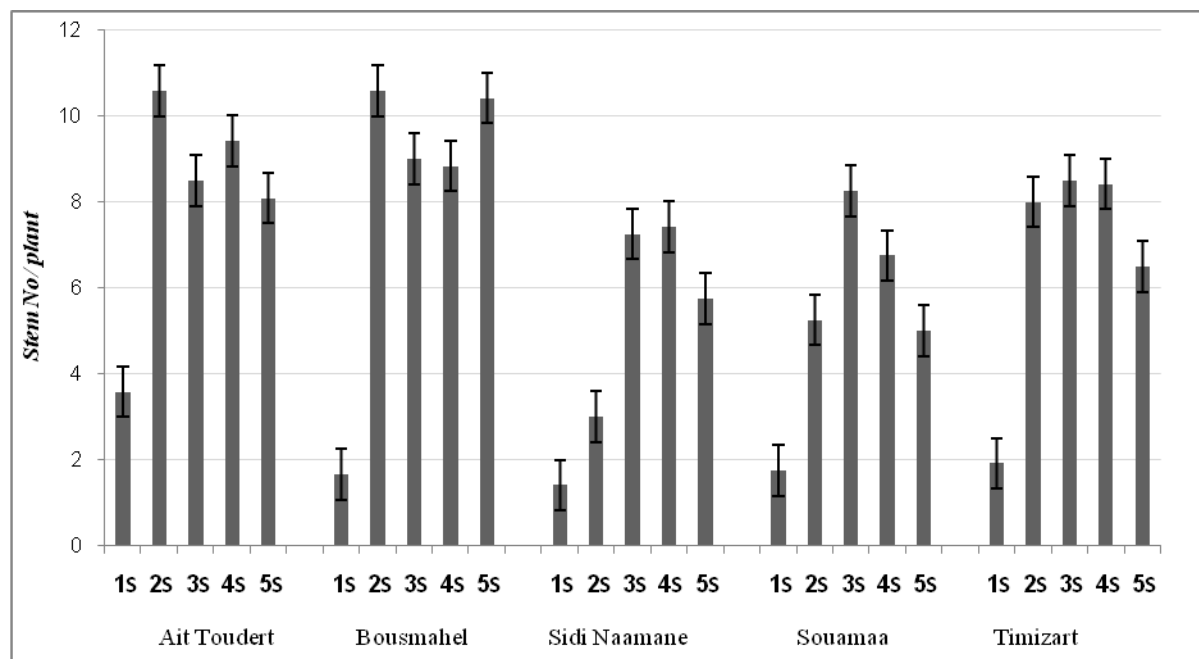


Fig. 5. Mean of stems number per plant in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

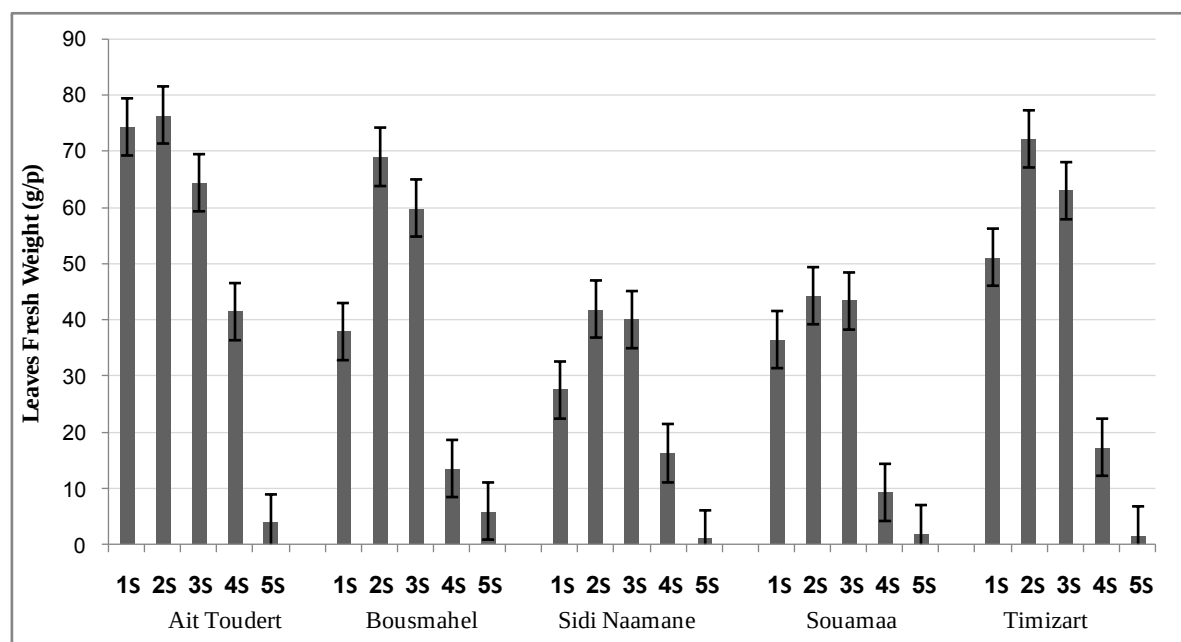


Fig. 6. Mean of leaves fresh weight in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

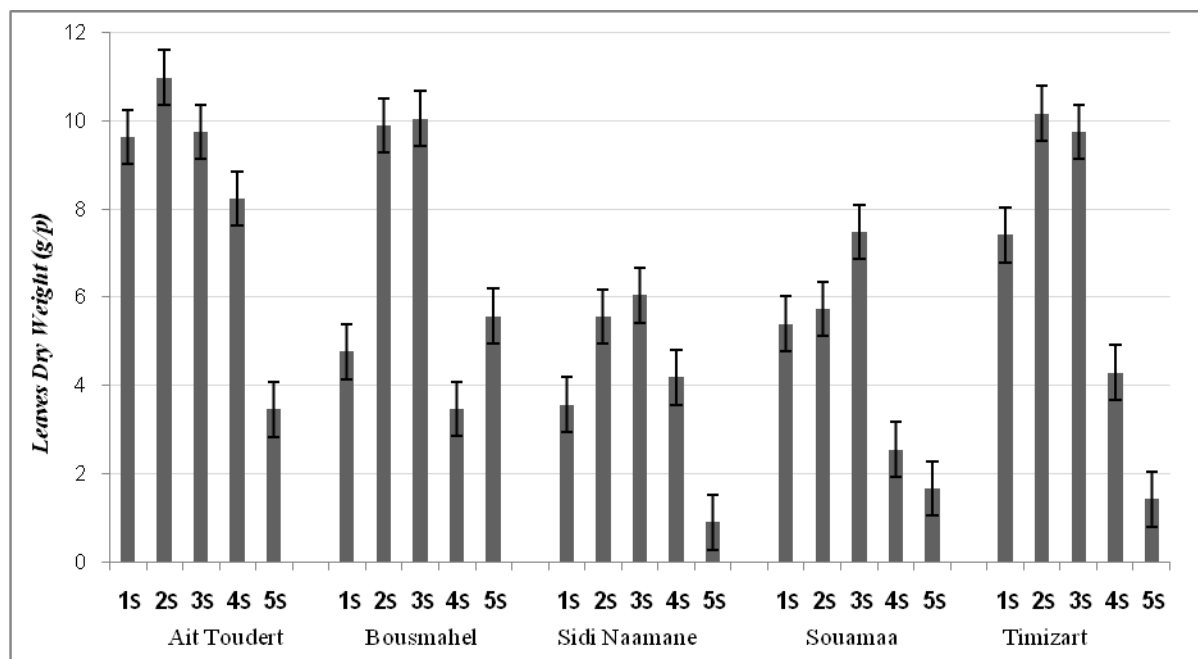


Fig. 7. Mean of leaves dry weight in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

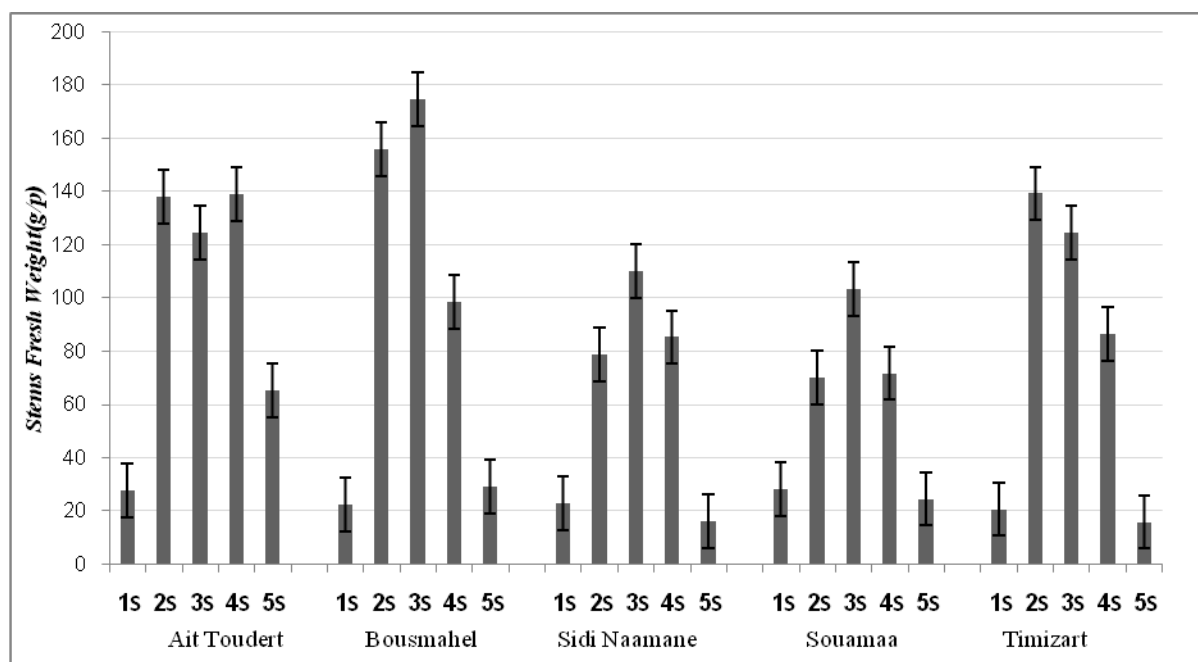


Fig. 8. Mean of stems fresh weight in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

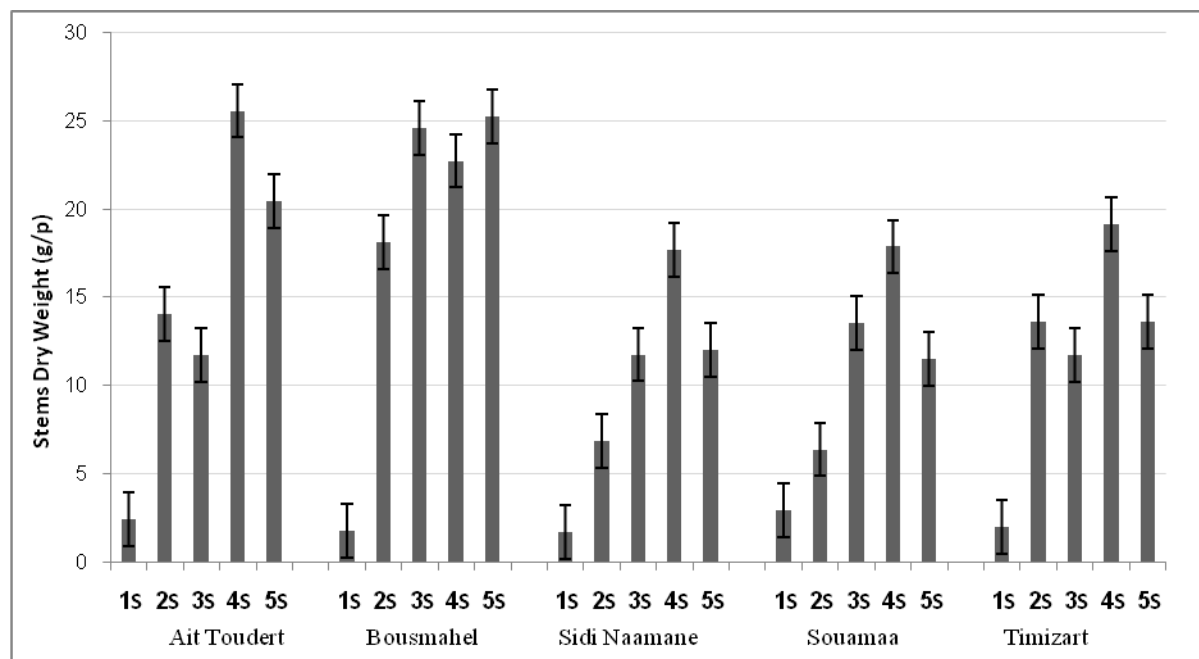


Fig. 9. Mean of stems dry weight in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

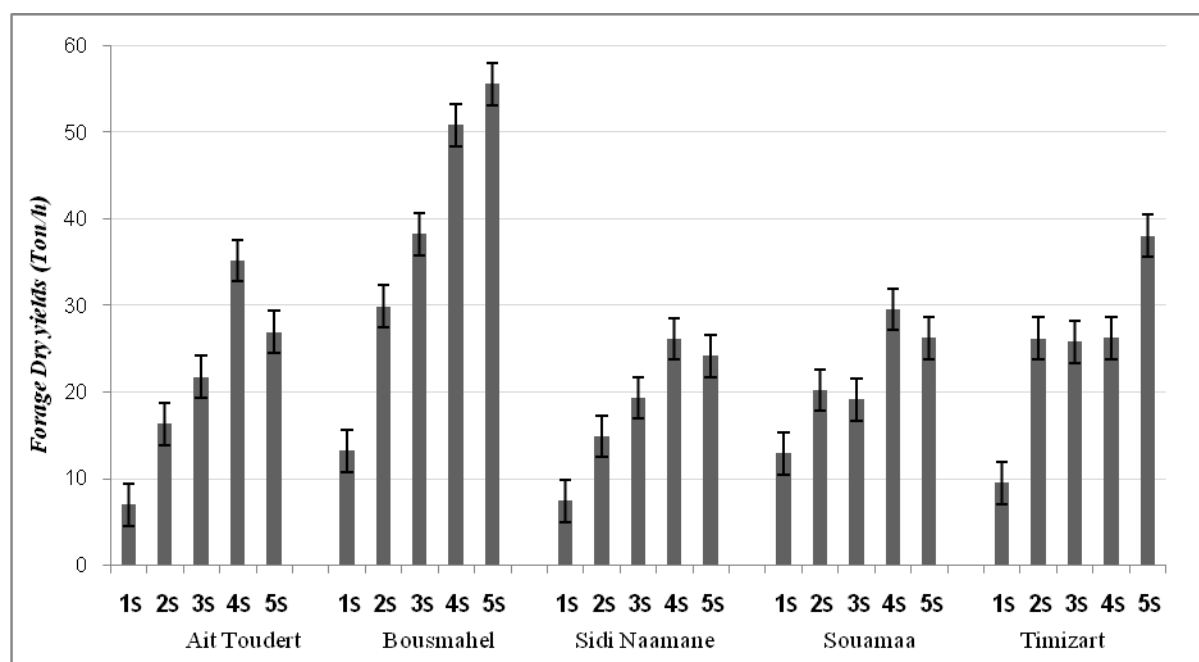


Fig. 10. Mean of forage dry matter yield in five phenological stages of *H. flexuosum* in five stations in Kabylie region. S₁ to S₅= vegetative, Budding, Flowering, Seed setting and Seed ripening, respectively

Discussion

Pastoralists used *H. flexuosum* species in green, pasture or forage at trough and/ or dry in form of hay in different phenological stages, from late vegetative stage to seed

ripening stage. A better knowledge of forage legume physiology in different environments is necessary to exploit their potential, *H. flexuosum* is a winter growing legume, here in Kabylie region, and few studies have

assessed *H. flexuosum* characteristics. Based on the findings of this research, result of analyses of variance showed a high variation ($P < 0.01$) of the physical and chemical characteristics between the different soils of the five populations of *H. flexuosum* except EC. On the other hand, results of edaphic data showed that the soil of the five areas had differences with each other for organic carbon (percentage), lime amount and soil texture. According to laboratory analyses results of soil properties (Table 2), *H. flexuosum* grows often in Kabylie region with clayey or clayey loamy soil texture. The results showed that this species grows in soils with lime amount between 0.63% to 20%, acidity from 7.62 to 8.40 and organic matters from 0.21% to 2.54%. Our results agree with the finding of Abdelguerfi-Berrechia *et al.* (1991) who showed that this species grows on soils with average pH 7.93, and a limestone content total less than 20%. *H. flexuosum* is common on soils rich in clay with an average of 34.9%, which indicates that the texture is fine to very fine. Its location in certain regions would be due to the specific requirements of the species and/or the Plant/ Rhizobium pair. A two-way ANOVA revealed significant at $P < 0.01$ differences between five harvested stages. We have noticed that the number of leaves changes irregularly, increased at the beginning of the cycle until the beginning of budding, then this parameter increases in the seed ripening phase, the highest values noticed between budding and seed setting stages, finally, decrease towards haymaking. This means that the best operating period is between late budding and seed setting, however, Borreani *et al.* (2003), who studied the relationship between the composition of dry matter and the stage of development, have shown that the preferable stage is between stages 4 (budding) and 5 (early flowering). Leaf/stem ratio fresh weight higher than 1 means that the plants have invested more for the foliage production,

which is sought after for fodder intended for green feed and provides fodder quality. The data in Table 5, showed that the number of stems evolve with the development of the plant. Then we noticed a drop which is due to the withering of some secondary axes and ramifications probably caused by the decrease in soil water reserves which no longer reach full coverage, therefore we have witnessed the withering of the stems and ramifications less vigorous. The ratio fresh weight found oscillate between 0.10 to 2.03 from five stages and 0.51 to 0.73 from stations. These results agree with the results of Borreani *et al.* (2003) who states that Sulla has a high growth rate in the reproductive phase. The leaf/stem ratio decreases with development and this is due to the accumulation of raw cellulose more in the stems than in the leaves. In addition, results reflect those of Moussaouali and Hamdi Aissa (2017) who also found that leaf/ stem ratio fresh weight for 20 populations of *Sulla coronaria* at flowering stage varying from 0.81 (El Tarf) to 1.28 (Ghardaia). Leaf/stem ratio dry weight of *H. flexuosum* from the five stations was ranged (0.15 to 3.19) and from the five populations (0.53 to 0.64), this study produced results which corroborate the findings of Abdelguerfi (2002) who reported leaf/stem ratio oscillating between 0.44 and 1.32 from 17 populations of *Sulla coronaria*.

There were highly significant inter-population differences among natural Sulla populations in Kabylie region for most of the recorded pheno-morphological traits, variance analyses performed on the variables showed a very significant population effect reflecting the phenotypic variability between the five populations (Table 6). Ben Fadhel *et al.* (1997) associate this variability with the preferentially allogamous regime of the species; the numerous hybridizations would be at the origin of the genotypic diversity observed. Bousmahel and Ait Toudert populations were presented, by far, the

highest characteristics, including yield. The phenotypic expression of a population depends on its genotype combined with pedo-climatic characteristics. Berrekia *et al* (1989) found that some *H. flexuosum* characters seem dependent on a stable genetic determinism, which is expressed whatever either the environment, it follows that certain morphological types can also be identified, as part of a selection, in relation to the conditions of the original environment. In addition, biomass superiority of Bousmahel population probably would be due to the soil characteristics; rich in organic matter >2 %, PH > 8.30 and the total limestone: 17.5 to 18.75%. The forage dry yield obtained is high (mean oscillate between 10 and 34 t DM.Ha⁻¹), with peaks of 55 t DM. Ha⁻¹ recorded for Bousmahel population; while in Australia, under ideal conditions of moisture and temperatures, Sulla can produce up to 10 t DM.Ha⁻¹ in the first year and over 20 t DM-ha⁻¹ in the second year (De Koning *et al.*, 2010). Our study focused on some pheno-morphological characteristics of five populations of *H. flexuosum* from the Tizi-Ouzou region, has shown that these populations presented very remarkable specificities, in particular as regards vegetative development for all of traits and reveal than populations possess a high fodder production capacity, therefore he would be very interested in enhance. Indeed, our observations have shown that Sulla allows a very good forage production without additional water supply.

Conclusion

The analysis of the morphological variation of some natural population of *H. flexuosum* in Algeria has for principal objective to understanding the diversity of this spontaneous forage resource, which is widely used in livestock feeding in this rearing area. A better knowledge of developmental morphology and quality

changes of *H. flexuosum* in different environments is necessary to optimize its potential for livestock production. The results recorded in this study will contribute to valorize and develop *H. flexuosum* in the marginal, isolated and deprived areas. The pheno-morphological and agronomic diversity observed among the Sulla accessions suggest a high fodder potential, which could be used to provide valuable materials for breeding programs aimed at Sulla improvement for Mediterranean environments. Conversely, this study provides a foundation for developing characterization and conservation strategies for the Sulla diversity present in different areas of Tizi-Ouzou province.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the helpful and valuable suggestions of A. Jafari, the editor-in-chief of the journal, in improving the paper and the two anonymous reviewers' valuable comments. They also thank Makhoulouf Zirmi for his help in the fieldwork and without whom this work could not have been done.

References

- Abdelguerfi A., 2002. Genetic resources of pastoral and/or forage interests: distribution and variability in spontaneous legumes (*Medicago*, *Trifolium*, *Scorpiurus*, *Hedysarum* and *Onobrychis*) in Algeria, Doctoral thesis, INA, El-Harrach, Algiers, 431 p. (In French)
- Abdelguerfi, A., Laouar, M., 1999. Autoecology and variability of some fodder and/or pastoral legumes. Possibility of valorization in the Mediterranean region. Pastagens e Forragens, 20, 81-112. (In French)
- Abdelguerfi-Berrekia, R., Abdelguerfi, A., Bounaga, N., Guittonneau G.G., 1991. Distribution of spontaneous *Hedysarum* sp. in Algeria according to some environmental factors. Fourrages, 126, 187-207. <http://www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=1039&statut=0> (In French)
- Annicchiarico, P., Abdelguerfi, A., Younes, M. B., Bouzerzour, H., Carroni, A. M., Pecetti, L., Tibaoui, G., 2008. Adaptation of Sulla cultivars to

- contrasting Mediterranean environments. Australian Journal of Agricultural Research, 59(8), 702-706.
- Ben Fadhel, N., Boussaid, M., Manakchi, M., 1997. Isozym and morphological variability of natural Maghrebin populations of *Hedysarum flexuosum* L. Al Awamia, 96, 77-90. <https://www.inra.org.ma/sites/default/files/09609.pdf> (In French)
- Berrekia, R., Abdelguerfi, A., Bounaga, N., Guitonneau G.G., 1989. Contribution to the study of spontaneous species of *Hedysarum* L. genus in Algeria. IV. Biometric study of some populations of *H. coronarium* and *H. flexuosum* in behavioral tests and in their native environment. Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, 13(2), 506 - 531. <http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1227/1/ia00p422.pdf> (In French)
- Borreani, G., Roggero, P.P., Sulas, L., Valente, M.E., 2003. Quantifying morphological stages to predict the nutritive value in *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L.). Agronomy Journal, 95(6), 1608-1617.
- De Koning, C., Yates, R., Wurst, M., 2010. *Sulla* (*Hedysarum coronarium*) Management Package. SARDI with funding from Pastures Australia.
- DSA Tizi-Ouzou, 2019. Agricultural statistics, E series.
- Foster, K., 2010. *Sulla* (*Hedysarum coronarium*). Department of Agriculture and Food Western Australia, Bulletin 4690, Perth.
- Groom, A., 2012. *Hedysarum flexuosum*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2012: e.T19892375A20077821. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T19892375A20077821.en>
- Kadi, S. A., Zirmi-Zembri, N., 2016. Nutritive value of the main forage resources used in Algeria. 2-Fodder trees and shrubs. Livestock Research for Rural Development. Vol 28, Article#146. <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/kadi28146.html> (In French)
- Kadi, S.A., Guermah H., Mouhous A., Djellal F., Berchiche M., 2015. *H. flexuosum* (*Hedysarum flexuosum*): an not well-known forage legume of the Mediterranean coast. Actas AEL nr. 6. EUCARPIA International Symposium on Protein Crops, V Meeting AEL, Pontevedra, Spain, May 4-7 127-128. https://zenodo.org/record/1254012/files/OilandProteinCrops2015_Pontevedra%2C%20abstracts.pdf?download=1
- Le Houérou, H. N., 2001. Unconventional Forage Legumes for Rehabilitation of Arid and Semiarid Lands in World Isoclimatic Mediterranean Zones. Arid Land Research and Management, 15(3), 185-202.
- Moussaouali, B., Hamdi Aïssa, B., 2017. Characterising the functional response of *Sulla coronaria* L. to agroecological conditions in the Algerian Sahara. Fourrages (232), 341-345. https://afpf-asso.fr/index.php?secured_download=2242&token=c16b0ba6e27c1efb0d74a94026afe433 (In French)
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. In: Methods of Soil Analysis. Part II. Page, A. L. (Ed.). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. Agriculture. Natural Resource, 12(44), 123-134.
- ONM, 2020. National Meteorological Office, Boukhalfa station, Tizi-Ouzou.
- Slim, S., Ben Jeddi, F., 2012. Effect of field wilting and conditioning of *Sulla* forage (*Hedysarum coronarium* L.) on the quality of its silage Fourrages, 210, 159-165. https://afpf-asso.fr/index.php?secured_download=1978&token=c16b0ba6e27c1efb0d74a94026afe433 (In French)
- SSC-Orstom, undated. Analytical methods used in the Soil Physics Laboratory, 30p. Multigr. Rapport. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-11/16886.pdf (In French)
- Véla, E., Benhouhou S., 2007. Assessment of a new hotspot for plant biodiversity in the Mediterranean basin (North Africa). C. R. Biologies, 330, 589-605. (In French)
- Zirmi-Zembri, N., Kadi, S. A., 2016. Nutritive value of the main forage resources used in Algeria. 1-The herbaceous natural fodders. Livestock Research for Rural Development. Vol 28, Article #145. <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/zemb28145.html> (In French)
- Zirmi-Zembri, N., Kadi, S.A., 2019. Use of *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*) by breeders in Kabylia (Algeria). Joint meeting of the FAO-CIHEAM Network for Research and development in sheep and goats (sub networks on Nutrition and Production Systems) and the FAO-CIHEAM Subnet work for the research and development of Mediterranean pasture and forage resources. Morocco 23-25 October 2019.
- Zirmi-Zembri, N., Kadi, S.A., 2020. Chemical Composition and Nutritive Value of *Hedysarum flexuosum* L. Harvested at Different Phenological Stages. J. Fundam. Appl. Sci., 12(1S), 89-107. <https://www.jfas.info/index.php/JFAS/article/download/646/247/> (In French)

CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIVE VALUE OF *HEDYSARUM FLEXUOSUM* L. ACCORDING TO MORPHOLOGICAL PARTS AND PHAENOLOGICAL STAGES

N. Zirmi-Zembri*, S.A. Kadi

Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies (LABAB), Université Mouloud Mammeri UN1501, Tizi-Ouzou, Algérie

Received: 12 June 2019/ Accepted: 08 December 2019 / Published online: 01 January 2020

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the chemical composition and nutritive value of different parts of the *Hedysarum flexuosum* plant and their evolution according to the different phaenological stages, in order to retain the most appropriate harvesting stage. The data are based on the results of chemical composition analysis of the three main parts of the plant (whole plant, stems only and leaves only) according to the phaenological stages (Mid-vegetative, vegetative growth, Budding, flowering, seed setting and seed ripening). At the budding stage, the chemical composition of the whole plant is much better, especially in terms of protein content, which reaches 225 g/kg of dry matter, *Hedysarum flexuosum* should be harvested or grazed at the bud stage, at the latest at the beginning of flowering.

Keywords: chemical composition; *Hedysarum flexuosum*; phaenological stage.

Author Correspondence, e-mail: zembrinacima@gmail.com

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v12i1S.8>



1. INTRODUCTION

Devant les défis multiples auxquels sont confrontés les éleveurs, essentiellement l'amélioration des niveaux de production tout en s'adaptant aux changements climatiques, en respectant l'environnement et en limitant les coûts alimentaires, les spécialistes des fourrages ont identifié que les axes de recherche doivent concerner d'abord l'acquisition de connaissances sur la valeur alimentaire des fourrages pour caractériser des ressources fourragères nouvelles permettant de sécuriser les systèmes fourragers et d'améliorer l'autonomie protéique des élevages [1]. L'autonomie alimentaire des exploitations situées en zone de montagne est loin d'être atteinte, essentiellement à cause de la charge animale à l'hectare qui est importante, un niveau de consommation de concentrés élevé et qui sont achetés en quasi-totalité ainsi que le caractère hors sol de la production laitière [2].

L'Algérie recèle un patrimoine très riche en espèces fourragères spontanées qui, utilisées à l'état sans aucune amélioration, pourrait atténuer les effets conjugués du manque en quantité et en qualité des fourrages [3]. Les apports de certaines espèces sont au même niveau, voire meilleures que certaines ressources fourragères cultivées [4-5].

Chez les ruminants, l'intérêt nutritionnel des légumineuses réside essentiellement dans leur teneur élevée en protéines [6] et leur richesse en azote dégradable qui permet d'améliorer la digestibilité, en augmentant la disponibilité en azote soluble au niveau du rumen [7]. Certaines légumineuses des régions tempérées possèdent des tannins condensés, composés phénoliques qui interviennent dans l'utilisation des protéines en réduisant leur dégradabilité par les microorganismes du rumen, améliorant ainsi l'utilisation de ces protéines [8]. Ces composants secondaires confèrent à ces légumineuses des propriétés anthelminthiques [9] et de non météorisation [10], contribuent à la réduction de la production des rejets azotés et l'émission du gaz à effet de serre (CH_4) dans l'environnement [11-9] et améliore la croissance et la qualité nutritionnelle des produits animaux [12]. Aussi, les légumineuses jouent un rôle très important dans la restauration des sols pauvres et dégradés en fixant l'azote atmosphérique grâce à leur relation hétérotypique avec les microorganismes telluriques qui enrichissent le fourrage en composés protéiques [13-8-14], et constituent une alternative à l'emploi d'engrais industriels de synthèse [15-7].

Le genre *Hedysarum* est composé d'un grand nombre d'espèces comprenant des espèces fourragères annuelles et pérennes, largement distribuées dans le monde [16]. En Algérie il en existe dix espèces dont plusieurs sont endémiques très localisées [17]. Parmi ces espèces, *Hedysarum flexuosum* connue également sous le nom d'*Hedysarum algériense* Pomel (<https://www.gbif.org/fr/occurrence/1935928248>) et *Sulla flexuosa* [18]. Elle se caractérise par une répartition Ibéro-nord-africaine, endémique du centre nord de l'Algérie [19] et se développe dans les régions à pluviométrie moyenne supérieure à 550 mm, dans l'étage bioclimatique humide et subhumide [3]. *H. flexuosum* est une légumineuse fourragère avec des feuilles composées imparipennées, des fleurs de couleur violacée, des gousses flexueuses de 1 à 4,5 cm de long couvertes d'aiguillons, des graines de couleur marron, réniformes ou ovoïdes, espèce diploïde préférentiellement allogame, à port érigé avec des ramifications plagiotropes [19]. A cause de son caractère de fourrage spontané et non cultivé, *H. flexuosum*, est classée sur la liste rouge des espèces dont le risque de disparition est élevé [20]. Pourtant, les quelques travaux réalisés en Algérie sur cette légumineuse font ressortir son caractère d'excellente ressource fourragère [21-22-23-24-25-26-27]. C'est pour cela que dans notre laboratoire de nutrition animale et produits animaux l'on continue de s'intéresser à cette espèce et à œuvrer pour sa caractérisation afin de sensibiliser les utilisateurs et les pouvoirs publics de l'intérêt de sa préservation et sa valorisation comme ressource fourragère par excellence. L'objectif du présent travail est d'évaluer la composition chimique et la valeur nutritive de différentes parties de la plante d'*H. flexuosum* et leur évolution en fonction des différents stades phénologiques dans l'optique de retenir le stade de récolte le plus approprié.

2. MATERIEL ET METHODES

Les données exploitées dans ce travail sont issues de la base de données de notre laboratoire de nutrition animale et produits animaux à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie). Cette base est constituée des résultats de composition chimique d'*H. flexuosum* obtenus dans le cadre de différents travaux réalisés au laboratoire et dont le but la caractérisation, conservation et valorisation de cette légumineuse. De ce fait, les données ont été mises à jour périodiquement selon l'évolution des travaux sur cette thématique et selon les

trois principales parties de la plante (plante entière, tiges et feuilles seules) et les principaux stades phénologiques tel que définis par Kalu et Fick [28] et modifié par Borreani [29] pour *Hedysarum coronarium* et que nous avons adaptés pour *H. flexuosum* (Tableau 1, Figure 1).

Tableau 1. Stades phénologiques d'*Hedysarum flexuosum* adoptés dans le cadre de l'étude

Stade	Dénomination	Caractéristiques
Stade 0	Rosette	Aucune tige ou bourgeon floral
Stade 1	Mi- stade végétatif	Longueur des tiges < 15 cm, aucune branche
Stade 2	Fin du stade végétatif	Tiges supérieures à 15 cm, sans bouton floral
Stade 3	Début bourgeonnement	Apparition des premiers boutons floraux
Stade 4	Fin bourgeonnement	Boutons floraux, aucune fleur ouverte
Stade 5	Début de floraison	Apparition des premières fleurs
Stade 6	Floraison	Fleurs ouvertes, aucune gousse
Stade 7	Début formation des gousses	Fleurs brunes, apparition de la première gousse
Stade 8	Pleine formation de gousses	Fleurs brunes, gousses vertes
Stade 9	Maturation de graines	Gousses brunes mûres



Fig.1. Aspects d'*Hedysarum flexuosum* selon le stade phénologique

Dans les conditions d'alimentation des animaux sur le terrain, les stades 1 à 6 sont quasiment les seuls utilisés, ce qui a motivé le choix de ne prendre en considération que ces derniers et de se passer des stades 0, 7, 8 et 9.

2.1 Lieu de récolte du matériel végétal

Les échantillons ont été prélevés au niveau de plusieurs parcelles situées dans la région de Tizi-Ouzou, Latitude 36° 42' 42" N, Longitude 4° 2' 45" E. La période de récolte des échantillons s'est étalée du mois de Janvier au mois de Mai.

2.2 Analyse de la composition chimique

Les analyses chimiques ont porté sur les teneurs en matière sèche (MS), matières minérales (MM), matières azotées totales (MAT), fibres de Weende ou cellulose brute (CB) et/ou fibres Van Soest (NDF, ADF et ADL), matières grasses (MG) et les principaux acides aminés (Arginine, Cystine, Leucine, Lysine, Méthionine, Thréonine et Tyrosine), ces derniers ont été dosés pour la plante entière aux stades début bourgeonnement et floraison.

Pour certains stades phénologiques, les valeurs des paramètres CB, NDF et ADF n'étant pas disponibles, elles ont été estimées à l'aide des équations :

$$NDF = 0,575 CB + 320, CB = 1,572 ADF + 9,5 \quad (ADF \text{ en g/kg MS}) \quad [30]$$

$$ADF = 73,01 + 1,227 CB \quad (CB \text{ en g/kg de MS}) \quad [31]$$

2.3 Calcul de la valeur nutritive

Le système d'unité utilisé est celui développé par l'INRA Français, comportant les équations pour l'estimation des valeurs nutritives énergétiques ; unités fourragères (UFL et UFV) [32, 30,33] et des protéines digestibles dans l'intestin (PDI) [34].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Composition chimique de *H. flexuosum*

3.1.1 Evolution de la teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche (Tableau 1) évolue dans la plante entière du stade 1 jusqu'au stade 6, ce qui est dû au fait que le Sulla connaît un taux de croissance élevé dans la phase de reproduction [13]. Cette tendance est confortée par l'évolution des différents composants de la plante (tiges et feuilles) qui enregistrent à leur tour une augmentation proportionnelle en

matière sèche.

Tableau 2. Evolution de la teneur en matière sèche des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

MS(%)	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	13,88	11,01	12,63	12,96	15,59	18,18
Feuilles	13,55	12,82	17,03	16,68	17,36	22,13
Tiges	8,56	8,30	11,62	12,29	12,29	17,00

Les taux de MS dosés chez la plante entière de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) [35] montrent une différence par rapport à ceux enregistrés sur *H. flexuosum*, 23 vs 12,63 (stade 3), 17,72 vs 15,59 (stade 5) et 14,38 vs 18,18 (stade 6). La teneur en matière sèche d'un fourrage revêt un intérêt particulier pour l'installation d'un chantier d'ensilage. La teneur en matière sèche variant de 15 à 18% chez *Hedysarum coronarium* récoltée au stade floraison de la première année gêne sa conservation directe par ensilage [36], c'est pour cela qu'un préfanage de 48 h avec retournement ou éclatement des tiges pour atteindre respectivement 25,5 et 25,6 % de MS, sont nécessaires pour produire un ensilage de qualité.

3.1.2 Evolution de la teneur en matières minérales

3.1.2.1 Matières minérales totales

Les légumineuses sont généralement beaucoup plus riches en minéraux que les graminées poussant dans des conditions comparables, qu'elles soient tempérées ou tropicales [37]. En 1959 déjà, Gueguen [38] a affirmé que le stade de développement et le cycle de végétation influent sur la composition minérale de la plante, non seulement par la variation de la teneur en minéraux de chaque organe de la plante, mais surtout par les modifications des rapports en poids de ces organes entre eux. *H. flexuosum* présente des teneurs en matières minérales pour la plante entière qui varie entre 12,48 pour le stade 3 et 14,20 pour le stade 6 (Tableau 3) ; valeurs supérieures à celles mesurées par Baumont et al [39] sur la luzerne avec une teneur oscillant entre 10,2 et 12,9 mais inférieures au taux moyen dosé par Goumiri et Abdelguerfi [21] sur deux populations d'*H. flexuosum* récoltées au stade végétatif et qui est de 17,39 %. Concernant les différentes parties de cette légumineuse, on constate des taux plus élevés en

minéraux pour les tiges que les feuilles aux stades 1, 2 et 3 (Tableau 4). Par contre, à partir du stade 4, on enregistre une teneur plus élevée au niveau des feuilles.

Tableau 3. Evolution de la teneur en matières minérales des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

MM en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	12,81	13,43	12,48	13,15	13,96	14,20
Feuilles	10,82	11,82	11,82	13,87	12,52	14,56
Tiges	15,10	14,78	12,48	12,32	12,32	13,37

3.1.2.2 Teneur en calcium et cendres insolubles

Les fourrages sont des sources satisfaisantes de calcium, en particulier lorsqu'ils contiennent des légumineuses, les feuilles contiennent généralement deux fois plus de calcium que les tiges [40-37]. Pour *H. flexuosum*, la teneur en calcium (Tableau 4) est maximale au stade fin bourgeonnement (2 % de MS), taux plus élevé que celui dosé sur luzerne [39] avec 1,16 % de MS. La teneur en calcium de la luzerne varie entre 1,2 à 2,3 % [14].

Tableau 4. Teneur en calcium et cendres insolubles de la plante entière d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

Plante entière	Stade 2	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Ca (% MS)	1,87	2,00	1,40	1,40
Cendres insolubles (% MS)	14,78	12,32	12,32	13,37

Ca : Calcium

Les cendres insolubles sont constituées de minéraux non assimilés à cause de leur forte insolubilité, c'est surtout de la silice provenant de la contamination des échantillons par de la terre [41]. La teneur en cendres insolubles des échantillons de la plante entière d'*H. flexuosum* analysés varie de 12,32 à 14,78 % de MS.

3.1.3 Evolution de la teneur en fibres

3.1.3.1 Cellulose brute

La teneur en cellulose brute augmente avec les stades végétatifs (Tableau 5). Elle évolue de

manière étroite avec l'âge de la plante [42]. Pour un même stade phénologique, on remarque que la teneur en CB des feuilles de *H. flexuosum* est inférieure à celle des tiges (Tableau 5), ce qui corrobore les résultats de [43]. Comparés au taux moyen dosé par [21] qui est de 13,7% pour deux populations d'*H. flexuosum* récoltées le 24/02 et le 07/03, nous remarquons que nos échantillons sont plus riches en CB, avec un minimum pour la plante entière au stade 2 ; fin du stade végétatif (15,5 %) et un maximum au stade 6 ; floraison (19,87 %).

Tableau 5. Evolution de la teneur en cellulose brute des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

CB en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	18,57	15,50	18,00	18,45	17,40	19,87
Feuilles	16,92	15,19	15,93	16,35	17,09	-
Tiges	26,00	24,09	25,05	26,84	26,84	-

- : valeur non disponible.

3.1.3.2 Fibres au détergent neutre (Parois cellulaires ou NDF)

C'est la fraction insoluble dans un réactif détergent neutre et qui correspond à la somme des hémicelluloses, cellulose vraie et lignine. Au cours d'un cycle de pousse, la teneur en NDF augmente avec la croissance de la plante [44]. Les légumineuses sont plus pauvres en glucides solubles et les NDF [6]. Les tiges avec un taux maximal de 54,76 % de NDF enregistré aux stades 4 et 5 sont plus riches que les feuilles qui ont dosé pour ces deux stades 45,76 (Tab.6), ce qui est en relation avec le type de tissus constituant ces deux parties de la légumineuse.

Tableau 6. Evolution de la teneur en NDF des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

NDF en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	47,31	44,55	46,80	47,21	46,26	48,48
Feuilles	45,83	44,27	44,94	45,32	45,98	-
Tiges	54,00	52,28	53,15	54,76	54,76	-

- : valeur non disponible.

Les NDF dosées chez les feuilles d'*Onobrychis viciifolia*, montrent que, pour les mêmes stades phénologiques [35], *H. flexuosum* est plus riche : au stade 3 : 44,94 vs 33,66, au stade 5 : 45,98 vs 29,94. Dans le cas des tiges, 47,89 vs 53,15 (stade 3) et 45,46 vs 54,76 (stade 5)

3.1.3.3 Fibre au détergent acide (Lignocellulose ou ADF)

C'est la fraction insoluble dans un réactif détergent acide et correspond à la somme cellulose vraie et lignine. La teneur en ADF augmente avec l'âge de la plante et ce pour toutes les parties d'*H. flexuosum*. Notons tout de même que les tiges présentent les taux les plus élevés (Tableau 8) avec des écarts assez importants par rapport aux feuilles variant entre 10,92 à 12,87 % d'ADF en % de MS. La richesse des tiges en fibres est attribuée aux tissus de soutien et de conduction à parois épaisses et lignifiées contenus dans les tiges [45].

Tableau 7. Evolution de la teneur en ADF des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques.

ADF en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	30,09	26,32	29,39	29,94	28,65	31,68
Feuilles	28,06	28,06	25,94	26,85	27,36	-
Tiges	39,20	39,20	36,86	38,04	40,23	-

- : valeur non disponible.

Les teneurs en ADF pour la plante entière, feuilles et tiges d'*Onobrychis viciifolia* [35], sont respectivement 27,17 -22,08- 34,76 pour le stade 3 et 30,16-21,04 – 33,12 pour le stade 5. On constate que pour le stade 3 *H. flexuosum* est supérieur de 2 % et pour toute les parties de la plante et de 2 à 7 % pour le stade 5. Il existe une relation étroite entre les NDF et les ADF, puisque NDF est la somme d'ADF et des hémicelluloses. Elle a été évaluée pour la luzerne et a pu déterminer l'équation de détermination $NDF = 1,06 ADF + 6,54$ ($R^2 = 0,83$) [46] . Pour d'*H. flexuosum*, nous avons obtenu une droite de régression entre NDF et ADF (figures 2) avec un $R^2 = 1$. Ceci nous renseigne sur la qualité des analyses des échantillons ($R^2=1$) et leurs intérêts pour l'estimation d'ADF en fonction de NDF et vice-versa.

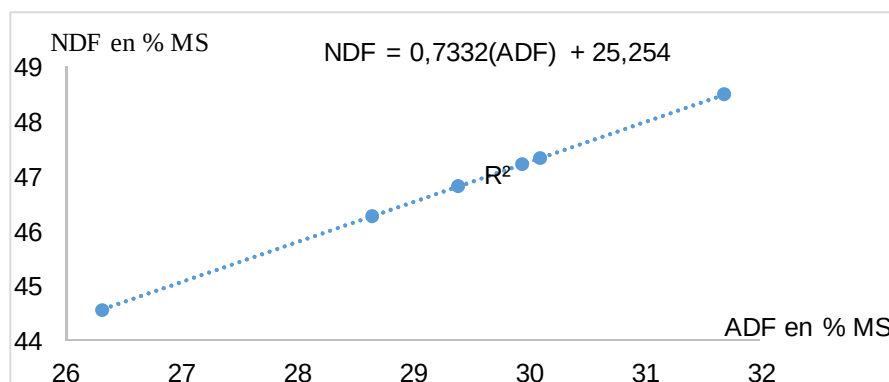


Fig.2. Relation entre NDF et ADF chez la plante entière d'*Hedysarum flexuosum*

3.1.4 Evolution de la teneur en matières azotées totales

La teneur en Matières azotées totales augmente du stade 1 jusqu'au stade 6 où l'on a enregistré la teneur maximale qui est de 22,50 % pour la plante entière. Le taux de matières azotées totales pour la plante entière varie de 16,40 à 22,5 % de MS, supérieur à la moyenne de MAT enregistré par Goumiri et Abdelguerfi [21] qui est de 14,91 %. En comparant la teneur en MAT pour les stades 1 et 2 pour les feuilles et les tiges (Tableau 8), on remarque que le taux est plus important pour les feuilles (17,5 et 18,0) que pour les tiges (12,77 et 12,45) respectivement et ce du fait que les feuilles, siège de la photosynthèse, sont les organes les plus riches en protéines et autres substances nutritives [45]. Aussi, sur la plante entière de sainfoin, on a rapporté [35] des taux matières azotées totales de 19,78 % MS au stade 3 contre 16,40 pour *H. flexuosum* ; 18,21 vs 20,80 au stade 5 puis 19,72 vs 22,50 au stade 6.

Tableau 8. Evolution de la teneur en matières azotées totales des différentes parties morphologiques d'*Hedysarum flexuosum* aux différents stades phénologiques

MAT en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	18,37	19,33	16,40	16,72	20,80	22,50
Feuilles	17,5	18	17,82	17,5	-	-
Tiges	12,77	12,45	-	-	-	-

- : valeur non disponible.

Les feuilles de légumineuses sont plus riches en constituants intracellulaires, notamment en MAT, que les tiges et que cet écart s'intensifie au cours du temps car la composition de ces

feuilles évolue légèrement [43], tandis que pour les tiges elle diminue considérablement. Les protéines des légumineuses sont riches en lysines et pauvres en méthionine et cystine [47], ce qui est confirmé par leurs valeurs répertoriées dans le Tableau 9.

Tableau 9. Teneur en différents acides aminés (en g/100g MS) de la plante entière d'*H. flexuosum* aux stades bourgeonnement et début floraison comparée à *Medicago sativa*

	Arginine	Cystine	Leucine	Lysine	Méthionine	Thréonine	Tyrosine
<i>Hedysarum flexuosum</i>							
Stade bourgeonnement	1,05	0,15	1,61	0,91	0,35	0,88	0,74
Stade floraison	0,60	0,16	0,85	0,60	0,18	0,57	0,39
<i>Medicago sativa</i> [48]							
Stade bourgeonnement	0,97	0,20	0,53	1,01	0,22	0,59	0,43
Stade floraison	1,02	0,19	0,83	0,79	0,20	0,51	0,53

Il est à noter que les teneurs en acides aminés d'*H. flexuosum*, surtout au stade bourgeonnement, sont au même niveau, voire meilleurs pour certains cas, que celles de la luzerne (*Medicago sativa*) (Tableau 9).

3.1.5 Evolution de la teneur en matières grasses

La teneur en MG du fourrage varie fortement avec la composition botanique et le stade de développement des plantes [49]. La teneur en matières grasses de la luzerne [39] est supérieure à celle dosée chez d'*H. flexuosum* plante entière (Tableau 10) pour les stades phénologiques 1, 2, 3 et 4 (3,6 vs 1,73 pour le stade 1 ; 3,2 vs 2 pour le stade 2 ; 3 vs 2,06 pour le stade 3 et 2,8 vs 2,63 pour le stade 4) tandis que pour les stades 5 et 6 respectivement, c'est *H. flexuosum* qui enregistre une teneur plus importante (2,5 vs 2,85 et 2,3 vs 2,97).

Tableau 10. Evolution de la teneur en matières grasses de la plante entière et des feuilles d'*Hedysarum flexuosum* selon les stades phénologiques

MG en % MS	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 6
Plante entière	1,73	2,00	2,06	2,63	2,85	2,97
Feuilles	3,6	4,55	4,06	4,35	4,8	4,19

3.2 Valeur nutritive d'*Hedysarum flexuosum*

La valeur nutritive est fonction des espèces fourragères [50] mais aussi du stade phénologique. Elle dépend également, du stade de croissance, de la saison de récolte et de l'année [51], pour le sainfoin, la récolte au stade précoce offre plus de matière sèche et d'énergie métabolisable [52]. Dans le cas de la luzerne, le meilleur stade de récolte est le début floraison [53].

3.2.1 Valeurs énergétiques (UFL et UFV)

Les valeurs énergétiques (Tableau 11) estimées pour la plante entière sont très intéressantes, 0,97 UFL et 0,91 UFV pour le stade1, presque identiques à celles estimées par Baumont et al [39] pour la luzerne au même stade (0,96 UFL et 0,92 UFV). Pour les autres stades, on note que les apports énergétiques d'*H. flexuosum* sont meilleurs que ceux estimés pour la luzerne (UFL stade 2 : 1,03 vs 0,88 ; UFV stade 2 : 0,98 vs 0,82 ; UFL stade 3 : 0,98vs 0,83 ; UFV stade 3 : 0,93vs 0,75 ; UFL stade 4 : 0,97vs 0,77 ; UFV stade 4 : 0,91vs 0,69 ; UFL stade 5 : 0,99vs 0,73 ; UFV stade 5 : 0,93vs 0,65 ; UFL stade 6 : 0,94vs 0,69 ; UFV stade 6 : 0,87vs 0,59) [39]. On remarque aussi que les feuilles sont plus énergétiques que les tiges et ceux de par leurs composition chimique (Tableau 11). Les stades phénologiques 2 et 3 pour la plante entière d'*H. flexuosum* apportent le maximum de valeur énergétique ce qui corrobore les constatations de [43].

Tableau11. Valeur énergétique de la plante entière, tiges et feuilles d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques

UF (/kg MS)	Plante entière		Feuilles		Tiges	
Stades	UFL	UFV	UFL	UFV	UFL	UFV
Stade 1	0,97	0,91	1,01	0,96	0,81	0,73
Stade 2	1,03	0,98	1,05	1,00	0,85	0,77
Stade 3	0,98	0,93	1,03	0,98	-	-
Stade 4	0,97	0,91	1,01	0,98	-	-
Stade 5	0,99	0,93	-	-	-	-
Stade 6	0,94	0,87	-	-	-	-

UFL : unité fourragère lait ; UFV : unité fourragère viande ; - : Valeur non disponible

3.2.2 Valeurs Azotées (PDIE et PDIN)

Les apports en PDIE et PDIN d'*H. flexuosum* (Tableau 12) présentent pour chaque stade phénologique un écart de 8 à 11 g, donc elle peut être considérée comme un fourrage équilibré ce qui favorise une synthèse optimale des protéines microbiennes ainsi qu'une digestibilité satisfaisante de la ration [54]. En comparant les PDI d'*H. flexuosum* avec celles de luzerne estimée par [39], on remarque que cette dernière est plus riche en PDIN (159 vs 115 : stade 1 ; 145 vs 121 au stade 2 ; 132 vs 103 au stade 3 et 123 vs 105 au stade 4). La tendance s'inverse pour les stades 5 et 6 où *H. flexuosum* enregistre : 131 vs 114 et 141 vs 107 respectivement.

Tableau 12. Valeur Azotée de la plante entière, tiges et feuilles d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques.

Stades	PDI (g/kg MS)	Plante entière		Feuilles		Tiges	
		PDIE	PDIN	PDIE	PDIN	PDIE	PDIN
Stade 1		105	115	101	110	80	80
Stade 2		111	121	104	113	78	78
Stade 3		95	103	103	112	-	-
Stade 4		97	105	101	110	-	-
Stade 5		120	131	-	-	-	-
Stade 6		130	141	-	-	-	-

PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie ;

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote ; - : Valeur non disponible

S'agissant des PDIE, *H. flexuosum* enregistre des valeurs plus élevées que celles notées chez la luzerne [51] pour tous les stades phénologiques : 105 vs 100 ; 111 vs 94 ; 95 vs 90 ; 96 vs 86 ; 120 vs 83 et 130 vs 80 respectivement du stade 1 au stade 6. La valeur azotée diminue avec l'âge de la plante, au fur et à mesure que la teneur en matières azotées diminue [44], ce qui est vérifié pour *H. flexuosum* du stade 1 jusqu'au stade 3. Les feuilles présentent des valeurs nutritives azotées supérieures de 21 g de PDIE et 30 g de PDIN pour le stade 1 et de 26g de PDIE et 35g de PDIN pour le stade 2.

4. CONCLUSION

- *H. flexuosum*, légumineuse fourragère spontanée, utilisée en alimentation des ruminants dans le centre nord algérien, est une très bonne source d'énergie et de protéines.
- Les apports de la plante entière sont de 0,94 à 1,03 UFL, 0,87 à 0,98 UFV, 95 à 130 g de PDIE, 103 à 141 g de PDIN,
- En termes de valeur nutritive, *Hedysarum flexuosum* devrait être récoltée ou pâturée au stade bourgeonnement, au plus tard début floraison.
- Il convient d'explorer le potentiel bioactif de cette légumineuse fourragère comme ses propriétés anthelminthiques, permettrait un moindre dégagement de CH₄, ...etc
- Il serait utile de confirmer ces résultats par les méthodes dites lourdes notamment la méthode *in vivo*.

5. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement Guermah H, Djellal F, Belmihoub F, Djerrah F, Derrar S, Ait Aoudia M et Atek S pour leur contribution à la constitution de la base de données sur *H. flexuosum*.

6. REFERENCES

- [1] Maxim G. Quels sont les besoins de recherche sur la valeur des fourrages pour les ruminants ? Analyse d'avis d'experts. Fourrages, 2015, 221, 69-76
- [2] Kadi S. A. et Djellal F. Autonomie alimentaire des exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. Livestock Research for Rural Development, 2009, V 21, Article #227
- [3] Abdelguerfi A. et Laouar M. Autoécologie et variabilité de quelques légumineuses d'intérêt fourrager et/ou pastoral. Possibilité de valorisation en région méditerranéenne. 1999 Pastagens e Forragens, 20, 81-112
- [4] Zirmi-Zembri N. et Kadi S A. Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1-Les fourrages naturels herbacés. Livestock Research for Rural Development. 2016, Volume 28, Article #145
- [5] Kadi S. A. et Zirmi-Zembri N. Valeur nutritive des principales ressources fourragères

utilisées en Algérie. 2- Les arbres et arbustes fourragers. *Livestock Research for Rural Development*. 2016, Volume 28, Article #146

[6] Baumont R., Bastien D., Férard A., Maxin G. et Niderkorn V. Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants. *Fourrages*, 2016, 227, 171-180

[7] Delaby L., Pavie J., McCarthy B., Comeron E. A. et Peyraud J.L. Les légumineuses fourragères, indispensables à l'élevage de demain. *Fourrages*, 2016, 226, 77-86

[8] Julier B. et Huyghe C. Quelles légumineuses fourragères (espèces et variétés) et quelles conduites pour améliorer l'autonomie protéique des élevages herbivores ? *Innovations Agronomiques* 2010, 11, 101-114

[9] Hoste H., Torres Acosta F., Sotiraki S., Houzangbe Adote S., Kabore A., Costa Jr L, Louvandini H., Gaudin E. et Mueller Harvey I. Des plantes contenant des tannins condensés : un modèle d'alimentation pour gérer les vers parasites en élevages des petits ruminants. *Innov. Agrono*, 2018, 66, 19-29

[10] Andrée A., Leboeuf A., Lemieux Ch. et Landry S. L'utilisation des tanins dans l'alimentation des ovins pour prévenir le parasitisme. *Revue de littérature*, Québec 2015

[11] Aufrère J., Theodoridou K. et Baumont R. Valeur agronomique et alimentaire du sainfoin. *Fourrages*, 2013, 213, 63 – 75

[12] Bonanno A., Miceli G., Di Grigoli A., Di Frenda A. S., Tornambe G., Giambalvo D. and Amato G. Effects of feeding green forage of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) on lamb growth and carcass and meat quality. *Animal*, 2010, 5(1), 148–154

[13] Borreani G., Roggero PP., Sulas L. and Valente ME. Quantifying Morphological Stages to Predict the Nutritive Value in Sulla (*Hedysarum coronarium* l.). *Agronomy Journal*, 2000, 95(6), 1608-1617

[14] Kellems R.O. and Church DC. *Livestock feeds and feeding*. Sixth edition, 2010, 711p

[15] Vertès F., JeuffroyMH., Louarn G., Voisin A.S. et Justes E. Légumineuses et prairies temporaires : des fournitures d'azote pour les rotations. *Fourrages*, 2015, 223, 221-232

[16] Le Houérou H. N. Unconventional Forage Legumes for Rehabilitation of Arid and Semiarid Lands in World Isoclimatic Mediterranean Zones. *Arid Land Research and Management*, 2001, 15 (3), 185-202

-
- [17] Abdelguerfi-Berrekia R., Abdelguerfi A., Bounaga N. et Guittonneau G. G. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *hedysarum* enAlgérie 1. Etude autoécologique Ann.Inst.Nat.Agro.El-Harrach, 1988, Tl, P191
- [18] Choi B. H. and Ohashi H. Generic criteria and an infrageneric system for Hedysarum and related genera (Papilionoideae-Leguminosae). Taxon, 2003, 52, f 567–576
- [19] Abdelguerfi-Berrekia R., Abdelguerfi A., Bounaga N. et Guittonneau G. G. Répartition des espèces spontanées du genre Hedysarum selon certains facteurs du milieu en Algérie. Fourrages, 1991, 126, 187-207
- [20] Groom A. Hedysarum flexuosum. The IUCN Red List of Threatened Species 2012: e.T19892375A20077821.
- [21] Goumiri R. et Abdelguerfi A. Contribution à l'étude des espèces spontanées de la tribu Hédysarées en Algérie : Analyses chimiques du fourrage au stade végétatif. Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach, 1989, 13(2), 558-567
- [22] Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M. and Gidenne T. Nutritive value of sun-dried sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and its effect on performance and carcass. World Rabbit Sci., 2011, 19, 151-159
- [23] Kadi S. A., Belaidi-Gater N., Oudai H., Bannelier C. Berchiche M. and Gidenne T. Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. In Proc. 10th World Rabbit Congress, 2012 September, Sharm El-Sheikh, Egypt, 2012 507-511
- [24] Kadi S.A., Guermah H., Mouhous A., Djellal F. and, Berchiche M. Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*): an not well-known forage legume of the Mediterranean coast. Actas AEL nr. 6. EUCARPIA International Symposium on Protein Crops, V Meeting AEL, Pontevedra, Spain, May 4-7 2015, 127-128.
- [25] Kadi S.A., Mouhous A., Djellal F. and Gidenne T. Replacement of barley grains and dehydrated alfalfa by Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in fattening rabbits diet. J. Fundam. Appl. Sci., 2017, (1), 13-22
- [26] Kadi S A, Mouhous A, Djellal F, Senhadji Y, Tiguem T, Gidenne T. Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. Livestock Research for Rural Development. 2017, Volume 29, Article #086.

-
- [27] Mouhous A., Kadi S. A., Belaid L. et Djellal F. Complémentation de l'aliment commercial par du fourrage vert de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour réduire les charges alimentaires d'élevages de lapins en engraissement. *Livestock Research for Rural Development*. 2017, Volume 29, Article #116.
- [28] Kalu BA. and Fick GW. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. *Crop Sci.*, 1981 21, 267-271
- [29] Borreani G., Tabacco E., Cavallarin L., Peiretti PG., Re GA., Roggero PP., Sargenti P. and
- [30] Baumont R., DulphyJ. P., Sauvant D., Meschy F., Aufrère J. et Peyraud JL. Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision. IN Agabriel J. *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Ed. INRA, Paris, 2010, 153-183
- [31] Blas E., Fernández-Carmona J., Cervera C. and Pascual J. J. Nutritive value of coarse and fine wheat brans for rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 2000, 88, 239-251
- [32] Vermorel M. Nutrition énergétique. In Jarrige R. (Eds), *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins*, Ed. INRA, Paris, 1988, 55-74
- [33] Peiretti PG. Prediction of the gross energy value of Mediterranean forages *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2005, Vol.3 (3&4), 102-104
- [34] Vérité R. et Peyraud JL. Nutrition azotée. In Jarrige R (Eds), *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins*, Ed. INRA, Paris, 1988, 75-93
- [35] Delgado I., Muñoz .F and Demdoun S. Evolution of the feeding value of sainfoin as affected by the phenological development. *Options Méditerranéennes*, 2010, série A no. 92, 193-197
- [36] Slim S. et Ben Jeddi F. Effets du préfanage et du conditionnement du fourrage de sulla (*Hedysarum coronarium* L.) sur la qualité de son ensilage. *Fourrages*, 2012, 210, 159-165
- [37] Suttle NF. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4th Edition, 2010, 587 p.
- [38] Gueguen L. Etude de la composition minérale de quelques espèces fourragères : influence du stade de développement et du cycle de végétation. *Annales de Zootechnie*, 1959 , 8, 3, 245-268
- [39] Baumont R., DulphyJ. P., Sauvant D., Tran G., Meschy F., Aufrère J., Peyraud J. L. et Champciaux P. Les tables de la valeur des aliments. IN Agabriel J. *Alimentation des bovins,*

ovins et caprins. Ed. INRA, Paris , 2010, 185-279

[40] Bouchet et Gueguen. Constituants minéraux majeurs des fourrages et des aliments concentrés. IN Demarquilly C, Prevision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, INRA, 1981, 189-202

[41] Jean-Blain C. Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Edition tec&doc, Paris, 2002, 424 p

[42] Demarquilly C., Grenet E. et Andrieu J. Les constituants azotés des fourrages et la prévision de la valeur azotée des fourrages. IN Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, INRA 1981, 129-154

[43] Demarquilly C., Dulphy JP et Andrieu J P. Valeurs nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation : foin, ensilage, enrubannage. Fourrages, 1998, 155, 349-369

[44] Baumont R., Aufrère J., Niderkorn V., Andueza D., Surault F., Peccatte J. R., Delaby L. et Pelletier P. La diversité spécifique dans le fourrage : conséquences sur la valeur alimentaire. Fourrages, 2008,194, 189-206

[45] Jarrige R., Grenet E., Demarquilly C. et Besle J. M. Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. In : R. Jarrige (Editeur), Y. Ruckebush (Editeur), C. Demarquilly (Editeur), M.H. Farce (Editeur), M. Journet (Editeur), Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion (p. 25-81). Mieux Comprendre, 10. Paris, FRA : INRA Editions, 1995

[46] Robinson PH. The Changing Role of Forage Fiber in Dairy Rations. Proc. California Alfalfa and Forage Symp. Visalia, CA, 2005, 12-14

[47] Sauvant D. Principes généraux de l'alimentation animale. Polycope de cours, INAPG. 2004, 147p

[48] Homolka P., Koukolová V., Nemec Z., Mudrik Z., Hucko B. and Sales J. Amino acid contents and intestinal digestibility of lucerne in ruminants as influenced by growth stage. Czech Journal of Animal Science, 2008, 53(12), 499-505

[49] Baumont R., Arrigo Y. et Niderkorn V. Transformation des plantes au cours de leur conservation et conséquences sur leur valeur pour les ruminants. Fourrages, 2011, 205, 35-46

-
- [50] Kiraz AB. Determination of relative feed value of some legume hays harvested at flowering stage. Asian Journal of Animal and Veterinary Advenses, 2011, 6 (5), 525-530
- [51] Kramberger B. and Klemencic S. Effect of harvest date on the chemical composition and nutritive value of *Cerastium holosteoides*. Blackwell Publishing Ltd. Grass and Forage Science, 2003, 58, 12-16
- [52] Bal M. A., Ozturc D., Aydin R., Erol A., Ozkan C. O., Ata M., Karakas E. and Karabay P. Nutritive value of sainfoin *Onobrychis viciaefolia* harvested at different maturity stages. Pak. J. Biol. Sci, 2006, 9(2), 205-209
- [53] Karayilanli E. and Ayhan V. Investigation of feed value of alfalfa (*Médicago sativa* L.) harvested at different maturity stages. Legume Research, 2015, 248, 1-11
- [54] Agabriel J., Pomiès D., Nozières M. O. et Faverdin P. 2010 Principe de rationnement des ruminants. IN Agabriel J, Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA, Paris2010, 9-22

How to cite this article:

Zirmi-Zembri N, Kadi S A. Chemical Composition And Nutritive Value Of Different Morphological Parts Of *Hedysarum flexuosum* L. Harvested At Different Phaenological Stages. J. Fundam. Appl. Sci., 2020, 12(1S), 89-107.



Nacima ZIRMI-ZEMBRI

has attended the

**1st Joint Meeting of the FAO-CIHEAM Networks on
Sheep and Goats and on Mediterranean Pastures**

**“Efficiency and resilience of forage resources and small ruminant
production to cope with global challenges in
Mediterranean areas”**

Meknès, Morocco, 23 - 25 October 2019

and has presented the POSTER communication entitled:

**Use of *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*) by breeders in Kabylia
(Algeria)**

Meknes, 25 October 2019



Mr Javier SIERRA
Director
IAMZ-CIHEAM
(On behalf of the Organising Committee)

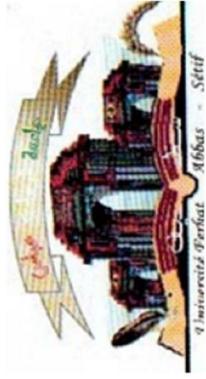


Organised by:

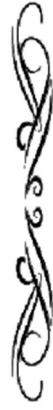


Food and Agriculture
Organization of the
United Nations





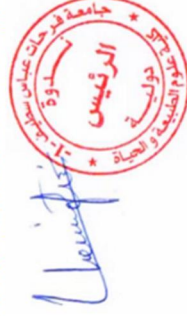
CERTIFICATE



This Is To Certify That: Zirmi-Zembri Nacima

Presented an oral communication titled : "*Sulla flexuosa (Hedysarum flexuosum)* : une légumineuse fourragère spontanée à valoriser" at the 1st International Seminar on Food Security and Sustainable Development in Semi-arid Environment, held in Ferhat ABBAS University, Sétif 1, Algeria, from 8 to 10 December, 2018

Co-authors: Kadi Si Ammar, Guermah Hocine, Belmihoub Fazia, Djellal Farid, Mouhous Azeddine



Seminar Chairwoman

123 certificates