

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 (CH₄) 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 hétérotrophe 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 :

$$NDF = 0,575 CB + 320 \quad , \quad CB = 1,572 ADF + 9,5 \quad (ADF \text{ en g/kg MS}) \quad [30]$$

$$ADF = 73,01 + 1,227 CB \quad (CB \text{ en g/kg de MS}) \quad [31]$$

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.

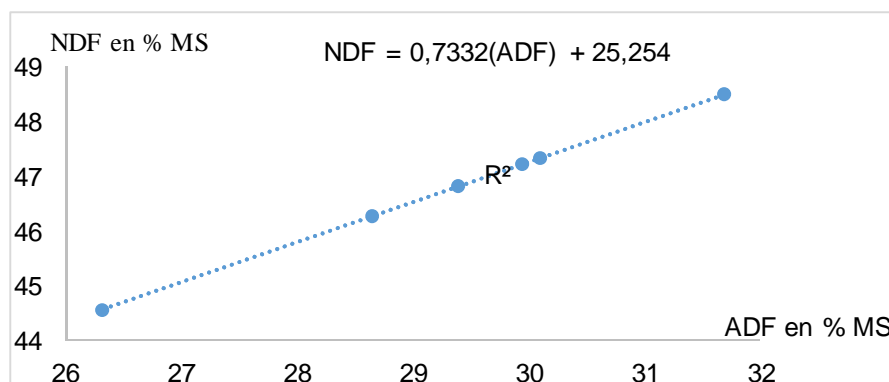


Fig.2. Relation entre NDF et ADF chez la plante entière d'*Hedysarum flexuosum*

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 stade 1, 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 : 0,98 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) [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].

Tableau 11. Valeur énergétique de la plante entière, tiges et feuilles d'*H. flexuosum* à différents stades phénologiques

UF (/kg MS)	Plante entière		Feuilles		Tiges	
	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 ou *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	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., Féraud 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* en Algérie 1. Etude autoécologique Ann.Inst.Nat.Agro.El-Harrach, 1988, T1, 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 Net 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 Demdoum 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., Nemeč 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 Advances, 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.