

Évaluation de la valeur nutritive de trois espèces de vesces Tunisiennes : *Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth. et *Vicia narbonensis* L. (*Fabaceae*, *Faboïdeae*)

Samih KAHLAOUI¹, Hamadi HASSAN², Sadok BOUZID¹, *Sondes STAMBOULI-ESSASSI¹

¹ Laboratoire de Bioressources, Biotechnologie Changements Climatiques, Faculté des Sciences de Tunis, Université de Tunis El Manar, Manar II, 1060 Tunis, Tunisie

² Laboratoire des Productions Animales et Fourragères, Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Rue Hédi Karray, El Manzab, 1004 Tunis, Tunisie

*Adresse de correspondance : Téléphone : 00 216 22 572 106 ; Email : sondesessassi@topnet.tn

Mots clés : *Vicia narbonensis*, *Vicia sativa*, *Vicia villosa*, fourrage, valeur alimentaire

Key words : *Vicia narbonensis*, *Vicia sativa*, *Vicia villosa*, fodder, nutritional value

Publication date 31/03/2021, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

1 RÉSUMÉ

Cette étude vise la valorisation, en alimentation des ruminants, de trois espèces fourragères tunisiennes du genre *Vicia* L. (*V. sativa* L., *V. villosa* Roth. et *V. narbonensis* L.) avec différentes accessions, et ce, par l'évaluation de paramètres physico-chimiques et énergétiques des feuilles et des tiges fraîches, au stade floraison. Ce travail révèle que les trois légumineuses sont une source de protéines et d'énergie. En effet, l'analyse de la variance montre que le facteur espèce a des effets hautement significatifs et significatifs pour les paramètres MAT (matières azotées totales), DMO (digestibilité de la matière organique), Vgaz (production de gaz) et EM (énergie métabolisable). Par contre, le facteur accession a montré un effet non significatif de tous les paramètres étudiés. *V. sativa* est la plus riche en MAT ($28,75 \pm 0,96\%$). *V. narbonensis* renferme une teneur en NDF (fibres insolubles dans les détergents neutres) ($70,30 \pm 0,96\%$) plus élevée que celles de *V. sativa* ($67,88 \pm 1,96$) et de *V. villosa* ($65,4 \pm 0,46\%$), et produit plus de gaz ($31,45 \pm 0,13$ ml/kg de MS). En termes d'énergie métabolisable, *V. narbonensis* et *V. sativa* sont plus riches (respectivement, $7,64 \pm 0,20$ et $7,42 \pm 0,86$ MJ/kg MS) que *V. villosa* ($6,97 \pm 0,35$ MJ/kg MS) et sont dotées d'une meilleure DMO (respectivement, $59,48 \pm 0,65\%$ et $59,03 \pm 0,96\%$). Ainsi, vue leur bonne valeur alimentaire, les trois espèces de vesce, avec une prédominance de *V. narbonensis* et de *V. sativa*, présentent une importance considérable dans l'élaboration d'une ration alimentaire équilibrée pour le bétail en Tunisie.

ABSTRACT

This study aims at the development of three Tunisian forage species of the genus *Vicia* L. (*V. sativa* L., *V. villosa* Roth. and *V. narbonensis* L.) with different accessions, through the evaluation of physico-chemical and energetic parameters of fresh leaves and stems, at the flowering stage. This work reveals that the three legumes are a source of protein and energy.

In fact, the variance analysis shows that the species factor has highly significant and significant effects for the parameters TNC (total nitrogen content), OMD (*in vitro* organic matter digestibility), gas production (V_{gas}) and metabolizable energy (ME). However, accession effect showed a non-significant effect of all the studied parameters. *V. sativa* is the richest in TNC ($28.75 \pm 0.96\%$). *V. narbonensis* contains a higher content of NDF (neutral detergent fiber) ($70.30 \pm 0.96\%$) than *V. sativa* (67.88 ± 1.96) and *V. villosa* ($65.4 \pm 0.46\%$), and produced more gas (31.45 ± 0.13 ml/kg DM). In terms of metabolizable energy, *V. narbonensis* and *V. sativa* are richer (respectively 7.64 ± 0.20 and 7.42 ± 0.86 MJ/kg DM) than *V. villosa* (6.97 ± 0.35 MJ/kg DM) and have better OMD ($59.48 \pm 0.65\%$ and $59.03 \pm 0.96\%$, respectively). Thus, given the nutritional value importance of these three vetch species, with a predominance of *V. narbonensis* and *V. sativa*, they highly affect the development of a balanced feed ration for livestock in Tunisia.

2 INTRODUCTION

La famille des *Fabaceae* Lindl. (*Leguminosae*) est la troisième plus large famille de plantes Angiospermes comprenant environ 727 genres et 20 000 espèces (Lewis *et al.*, 2005) qui sont classées en trois sous-familles ; *Caesalpinioideae* DC., *Mimosoideae* DC. et *Faboideae* DC. (APG IV, 2016 ; LPWG, 2017). La sous-famille des *Faboideae* DC. comprend environ 470 genres de plantes agricoles, alimentaires et fourragères. Les légumineuses fourragères apportent plusieurs avantages ; leur production annuelle est plus régulière et d'une longue durée par rapport aux Poacées fourragères. Leur système racinaire pivotant permet de valoriser l'eau et les éléments nutritifs en profondeur (Klein *et al.*, 2014). Elles constituent, en outre, un type de fourrage riche en protéines. De ce fait, elles ont un faible besoin de fertilisation azotée et présentent un effet améliorant de la fertilité des sols (Abidi *et al.*, 2019). Parmi elles, le genre *Vicia* L. qui est d'une importance économique considérable. Il comprend environ 190 espèces de plantes herbacées annuelles réparties en Europe, en Asie, en Amérique du nord et principalement dans les régions méditerranéennes (ILDIS, 1999). En Tunisie, ce genre est représenté par 19 espèces (Le Floch *et al.*, 2010), parmi elles, *V. sativa* L., *V. villosa* Roth. et *V. narbonensis* L. sélectionnées et cultivées en Tunisie en tant que plantes fourragères. Les vesces sont des légumineuses annuelles natives de la Tunisie, palatables à tous les stades de développement et d'une valeur nutritive élevée (Abidi *et al.*, 2019).

Selon Haddad (2006), elles sont particulièrement cultivées pour la production de fourrage frais et de semences ou coupées et conservées comme foin ou ensilage (Abdullah *et al.*, 2010), ou encore, utilisées comme engrais verts (Alzueta *et al.*, 2001 ; Frincioglu, 2014). Le foin des vesces est un excellent complément protéique, tandis que les graines sont apportées comme source de protéines et d'énergie dans les rations des ruminants et des non-ruminants (Sadeghi *et al.*, 2009). En outre, les vesces contribuent à restaurer la fertilité des sols, à l'amélioration de la productivité des cultures par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique et à la restitution des résidus de culture. Elles s'intègrent bien, également, dans les rotations céréalières (Guinet *et al.*, 2019). En Tunisie, la culture des vesces s'étend depuis l'aride jusqu'aux zones humides (INRAT, 2019). Selon Ben Youssef (2019), les vesces sont cultivées soit comme plantes fourragères (en culture pure, associées à une céréale ou associées à plusieurs espèces fourragères), ou comme cultures porte-graines, particulièrement pour la nutrition des ruminants, ou encore de culture de service écosystémique (engrais vert, culture de couverture, culture coupe maladie.). En culture multi-spécifique, la vesce est en association classique avec l'avoine (vesce-avoine) pour le foin (Abidi *et al.*, 2019). Elle constitue la principale culture fourragère en sec dans les zones situées au nord de la dorsale tunisienne (Hassen, 1994). En effet, l'orge et l'avoine, seule

ou associée à la vesce, constituent près de 85% des surfaces fourragères semées en Tunisie (Beji et Khemir, 2012). Mais, malgré les cultures annuelles de vesce-avoine ont régressé suite à l'intégration dans les systèmes fourragers d'autres types de cultures (ray-grass et betterave fourragère) et d'associations fourragères (orge-vesce, triticale-bersim, triticale-vesce) (Ben Jeddi et Zouaghi, 1991; Hassen *et al.*, 1996; Beji et Khemir, 2012), le foin de vesce-avoine reste le fourrage conservé le plus répandu en Tunisie et constituera la base de l'alimentation des ruminants (Hassen *et al.*, 1996). L'apport adéquat d'aliments de qualité aux ruminants, permettant d'améliorer leurs productivités, est considéré comme un défi (Mousa et Orabi, 2014). En effet, il est essentiel de fournir une ration équilibrée afin d'assurer la bonne productivité du bétail (Iqbal et Iqbal, 2015), après sélection d'espèces fourragères appropriées (Yucel *et al.*, 2009). Les vesces pourraient également être mieux valorisées selon plusieurs modes d'utilisation

3 METHODOLOGIE

3.1 Matériel végétal : Trois espèces de vesces tunisiennes, légumineuses fourragères, ont fait l'objet d'une caractérisation nutritionnelle de leur biomasse au stade floraison ; *V. sativa* L., *V. villosa* Roth. et *V. narbonensis* L. (Tableau 1). L'espèce *V. sativa* est représentée par une variété commune cultivée *V. sativa* var. *sativa* et une variété fourragère et pastorale inscrite *V. sativa* var. INRAT 303 (Jort N°33 en 2006, Hassan Hamadi, INRAT) (Figure 1). Pour *V. villosa*, deux accessions provenant du Centre International de Recherche Agricole en Zones sèches (ICARDA) (acc. 2565 et acc. 3615) et une variété locale *V. villosa* var. Sejenane (Jort N°63 en 2004, Hassan Hamadi, INRAT) ont été utilisées (Figure 2). Enfin, trois accessions tunisiennes de *V. narbonensis* (P1, P3 et 545) ont fait l'objet de cette étude (Figure 3). Les graines

plus appropriés (Abidi *et al.*, 2019). En outre, pour limiter le recours aux aliments complémentaires dans l'alimentation des animaux, il faut maximiser la valeur alimentaire des plantes fourragères et réduire ainsi les coûts de production et accroître l'autonomie alimentaire des systèmes d'élevage d'herbivores (Baumont *et al.*, 2009). De plus, en Tunisie, le déficit fourragère est chronique et la production fourragère reste peu intensive, largement saisonnière et très peu diversifiée (Beji et Khemir, 2012). Cependant, la caractérisation des différentes espèces de vesce et la valorisation de leur qualité fourragère, aiderait à promouvoir la production intense d'espèces prometteuses. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'évaluer la valeur alimentaire de trois vesces fourragères tunisiennes du genre *Vicia* L. par l'analyse des paramètres de rendement fourragère, de biomasse, de composition physico-chimique, de production de gaz et de digestibilité de la matière organique.

des différentes espèces et variétés proviennent de la Banque de Gènes de l'INRAT de Tunisie. Au laboratoire, les graines apparemment saines, ayant une taille uniforme et à téguments lisses, sont triées. Celles qui sont infectées et dont la surface est terne et blanchâtre, petites, déformées ou endommagées par des insectes sont éliminées. Elles sont d'abord scarifiées mécaniquement avec du papier de verre, puis mises à germer dans des boîtes de Pétri (à raison de 30 graines/boîte) placées dans une chambre de culture à 25°C et à l'obscurité. Les graines ayant germées (radicules comprises entre 1 et 2 mm) sont repiquées, d'abord, en pépinière d'observation, dans des pots remplis de 2/3 sable et 1/3 de terreau, préalablement stérilisés à l'étuve sous une température de 105°C pendant 48 heures, ensuite, en plein champ.

Tableau 1: Liste des espèces et accessions étudiées du genre *Vicia* et leurs caractéristiques préliminaires

Espèces et variétés étudiées		Origine	Poids moyen de 1 000 graines* (g)	Couleur de la fleur	Port de la plante
<i>V. sativa</i>	var. <i>sativa</i>	Tunisie	71,5 ± 0,25	mauve	grimpant
	var. INRAT303	Tunisie	66 ± 0,78	mauve	grimpant
<i>V. villosa</i>	var. Sejenane	Tunisie	24,8 ± 0,78	pourpre	prostré
	acc. 2565	ICARDA	36,9 ± 1,02	mauve foncé	prostré
	acc. 3615	ICARDA	52,6 ± 0,09	mauve clair	prostré
<i>V. narbonensis</i>	acc. P1	Tunisie	251,2 ± 1,12	violet	dressé
	acc. P3	Tunisie	124,3 ± 0,86	violet clair	dressé
	acc. 545	Tunisie	114,8 ± 0,5	violet	dressé

* 3 répétitions sont réalisées

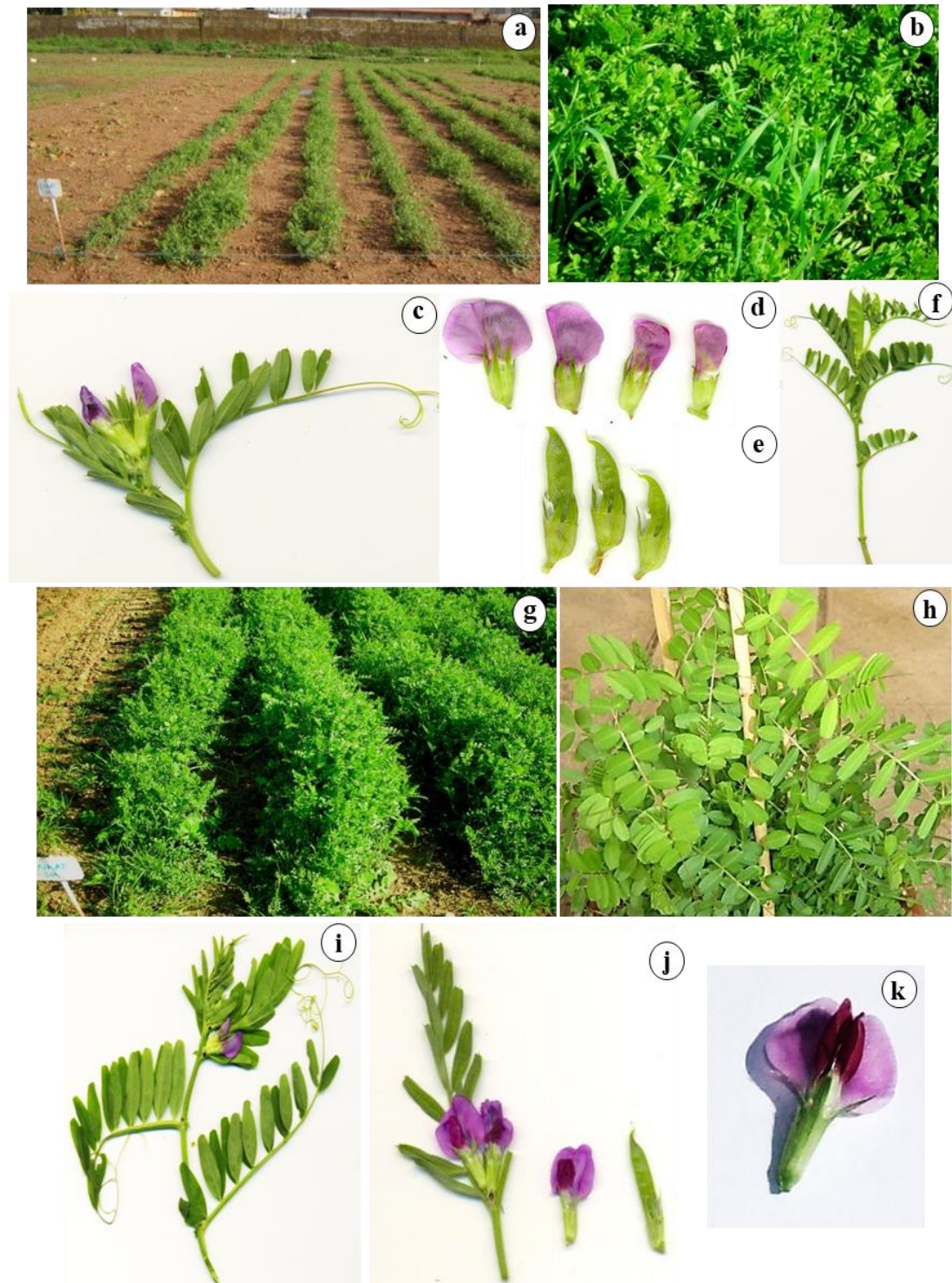


Figure 1 : *Vicia sativa* L. *Vicia sativa* var. *sativa* (a, b) plantations, (c, d) ramifications latérales, vrilles et fleurs, (e, f) jeunes gousses. *Vicia sativa* var. INRAT 303 (g) plantations, (h) plante adulte, (i) ramifications latérales et folioles terminales vrillées (j, k) fleur et fruit. **Note :** photos prises par un appareil photo-numérique de sensibilité 5 méga pixels.

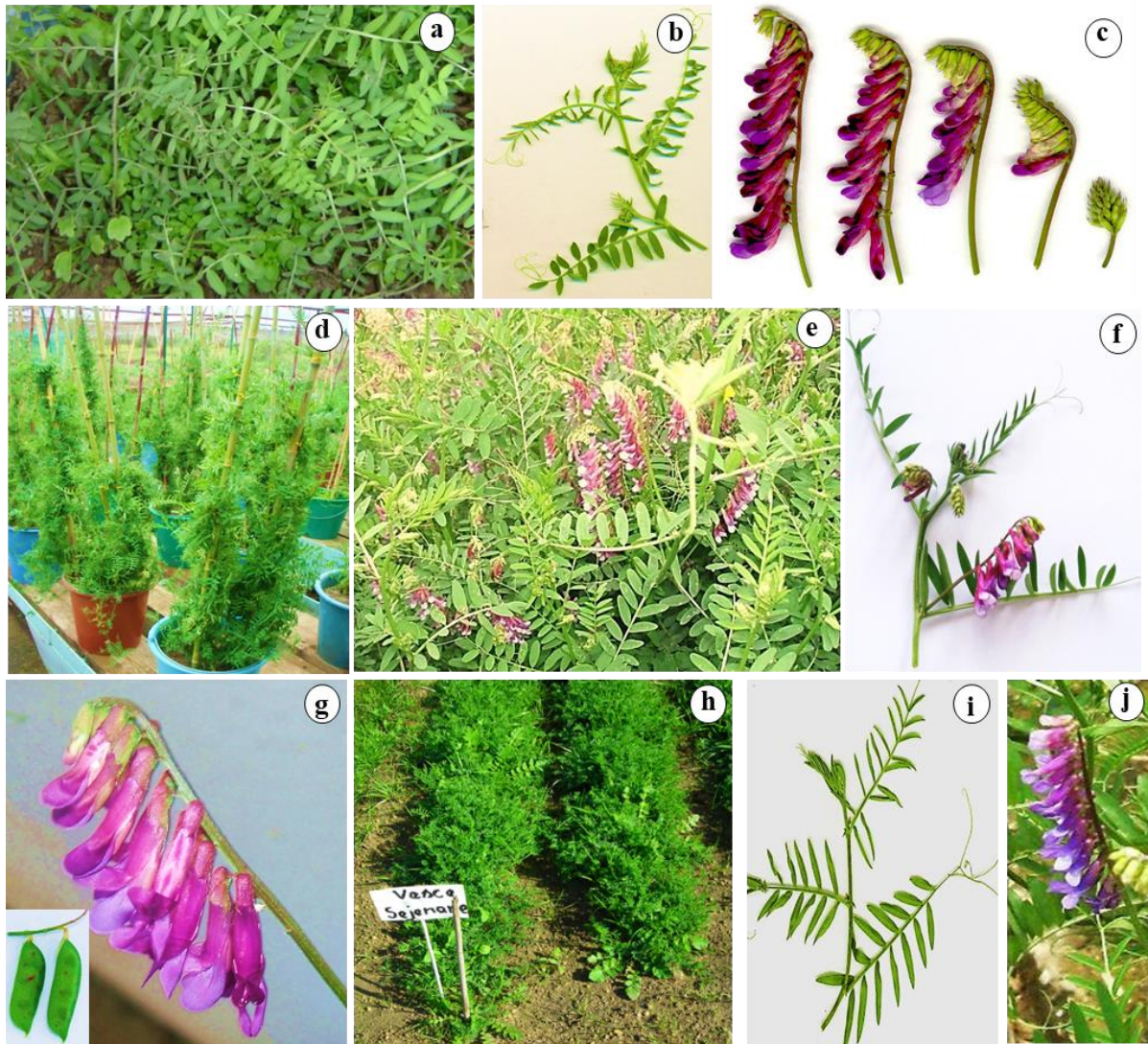


Figure 2 : *Vicia villosa* Roth. *Vicia villosa* acc. 2565 (a) plantes adultes, (b) tiges à ramifications latérales (c) inflorescence. *Vicia villosa* acc. 3615 (d) plantations en pots, (e) pieds fleuris (f) ramifications latérales (g) inflorescence et jeunes gousses. *Vicia villosa* var. Sejenane (h) plantations en plein champ, (i) tiges ramifiées avec vrilles apicales, (j) inflorescence. **Note :** photos prises par un appareil photo-numérique de sensibilité 5 méga pixels.

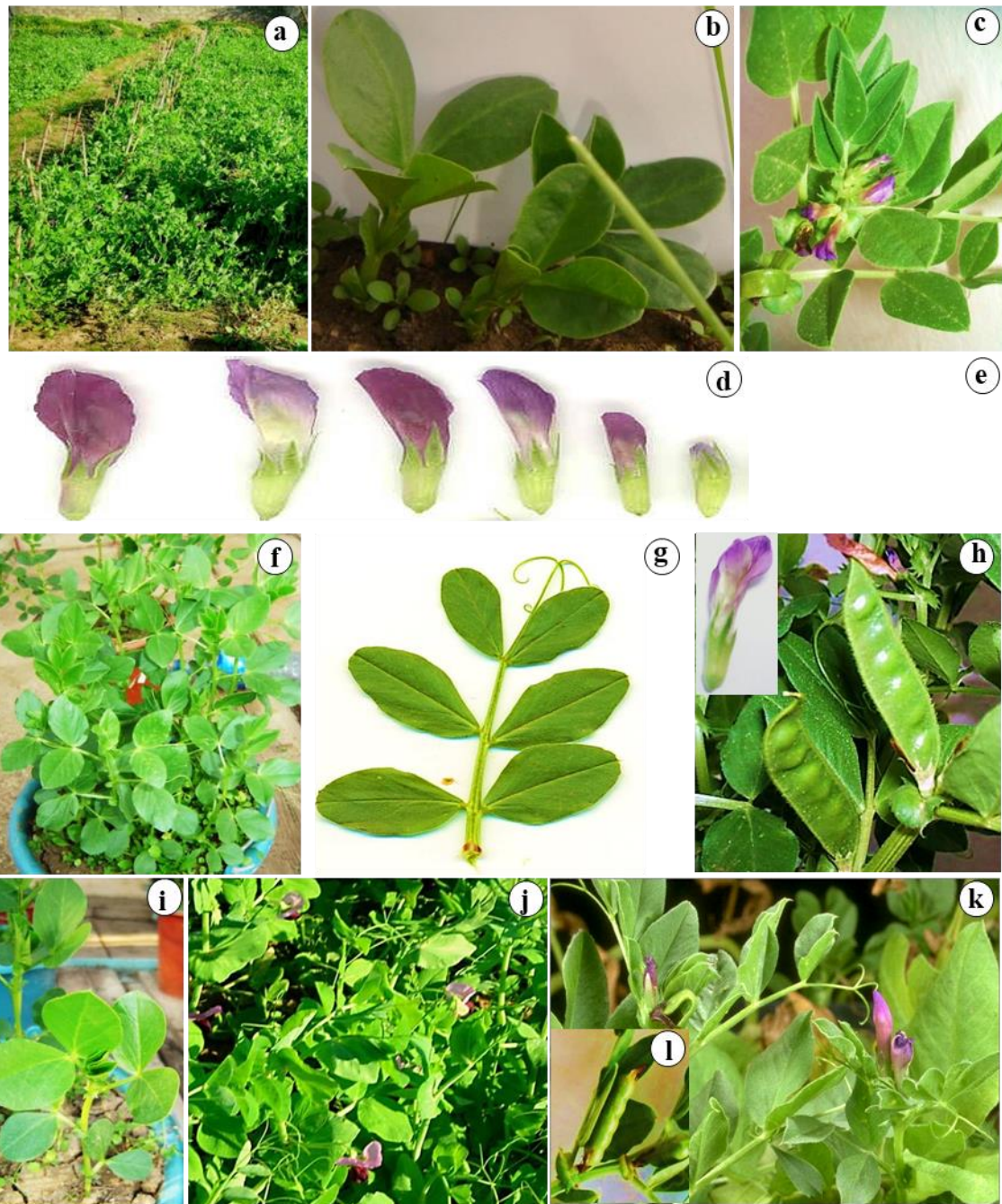


Figure 3 : *Vicia narbonensis* L. *Vicia narbonensis* acc. P1 (a) plantations en plein champ, (b) feuilles inférieures simples, grandes et ovales, (c) feuilles supérieures à sommet obtus, ramifications latérales et inflorescence, (d) fleur, (e) gousse. *Vicia narbonensis* acc. P3 (f) plantations en pots, (g) feuille à 3 paires de folioles ovales et grandes, (h) fruits et fleur. *V. narbonensis* acc. 545 (i) plantes jeunes avec les premières feuilles, (j) plantes adultes fleuries en plein champ, (k) fleurs, tiges ramifiées avec vrilles apicales, (l) jeune gousse. **Note :** photos prises par un appareil photo-numérique de sensibilité 5 méga pixels.

3.2 Analyses physico-chimiques : Au stade floraison (début du mois de mars pour *V. narbonensis*, fin du mois de mars pour *V. sativa* et mois d'avril pour *V. villosa*), les parties aériennes des plantes de chaque variété (30 plantes par accession) ; feuilles et tiges, sont coupées et rassemblées pour former un lot. Chaque lot est pesé afin de déterminer le poids frais de la biomasse. Ensuite, il est séché à l'air libre pendant un mois et repesé pour déterminer le poids sec. La biomasse séchée de chaque lot est ensuite broyée sur une grille de 1mm de diamètre. La poudre obtenue est ainsi utilisée pour les analyses chimiques et la digestibilité *in vitro*. Les échantillons broyés de chaque accession (3 répétitions) sont analysés pour déterminer leurs teneurs en matière sèche (MS), en matière minérale (MM), en matière organique (MO), en matière azotée totale (MAT), en fibres insolubles dans les détergents neutres (NDF) et en énergie métabolisable (EM). La digestibilité de la matière organique (DMO), méthode de référence pour déterminer la valeur alimentaire des fourrages pour les ruminants, a été également évaluée, *in vitro*.

3.2.1 Dosages des matières sèche, minérale, organique et azotée totale : Pour déterminer les teneurs en MS, MM, MO et MAT, les procédures de l'AOAC ; Association of Analytical Chemists (1984) ont été suivies.

3.2.2 Dosage des fibres insolubles dans les détergents neutres : Le dosage des NDF a été fait selon la méthode de Goering et Van Soest (1970).

3.2.3 Estimation de la teneur en énergie métabolisable : La méthode d'incubation d'un broyat de matière sèche dans les seringues, contenant de la salive artificielle et du jus de rumen, est une simulation de la digestion dans le rumen. Ainsi le substrat incorporé dans les seringues fermente et aboutit à la production de gaz (le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄)). Ces derniers poussent le piston au fur et à mesure que les fermentations progressent dans le temps. Ainsi, la technique décrite par Menke et Steingass (1988) a été utilisée afin de mesurer la production de gaz à partir des échantillons de vesce étudiés. La teneur en énergie métabolisable (EM) a été estimée à partir de la présente équation :

$$EM (MJ/kg MS) = 2,20 + 0,136 \times G + 0,057 \times MAT$$

G : volume de gaz produit en 24 h (ml/200 mg MS), MJ : Méga-joule

3.2.4 Digestibilité de la matière organique (DMO) : La digestibilité *in vitro* de la matière organique est déterminée selon la procédure de Tilley et Terry (1963). Le jus de rumen provient de deux brebis, de race Barbarine (race ovine répandue dans la totalité de la Tunisie, à l'exception du Sud), munies de canules de rumen. Ces brebis ont reçu un régime standard composé de foin d'avoine à volonté et de 400 g de concentré. Un témoin standard de foin de vesce-avoine dont les digestibilités *in vivo* et *in vitro* ont été préalablement fixées par l'unité d'analyses chimiques de l'INRAT est utilisé pour corriger les valeurs de la digestibilité *in vitro*.

3.3 Analyses statistiques : Trois répétitions sont réalisées pour toutes les analyses. Les résultats sont exprimés en valeur moyenne \pm écart type. Les données ont été analysées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA). La signification des différences entre les moyennes calculées a été déterminée à des valeurs $p < 0,05$ par un test de différence significative (test de *Duncan*) et par calcul de l'erreur standard (SE) des divers traitements. Toutes les analyses ont été effectuées en utilisant SPSS version 18.0 pour Windows.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de la variance à deux facteurs de classification (espèce et/ou accession) appliquée aux paramètres chimiques analysés a révélé que le facteur espèce a un effet hautement significatif pour les paramètres MAT et DMO et un effet

significatif pour les paramètres EM et Vgaz (production de gaz). En revanche, le facteur accession n'a pas montré d'effet significatif sur l'ensemble des paramètres étudiés (Tableau 2).

Tableau 2 : Résultats de l'analyse de la variance de la composition chimique chez les trois espèces de vesce (*V. sativa*, *V. villosa* et *V. narbonensis*) (% MS)

Paramètres	Teneur moyenne	F. observé		Prob>F	Signification
MS (%)	12,47 ± 0,86	Espèce	0,46	0,68	NS
		Accession	0,82		0,54
MM (%)	13,07 ± 0,93	Espèce	0,00	1,00	NS
		Accession	0,00		1,00
MO (%)	90,58 ± 1,06	Espèce	1,48	0,24	NS
		Accession	0,07		0,30
MAT (%)	19,76 ± 0,53	Espèce	20,00	0,0001	HS
		Accession	0,17		0,84
NDF (%)	67,86 ± 1,01	Espèce	2,56	0,54	NS
		Accession	1,38		0,93
Vgaz (ml/kg MS)	29,27 ± 0,32	Espèce	3,50	0,05	S
		Accession	1,07		0,365
EM (MJ/ kg MS)	7,34 ± 0,82	Espèce	6,02	0,044	S
		Accession	0,85		0,057
DMO (% MS)	57,89 ± 0,14	Espèce	10,52	0,0012	HS
		Accession	1,87		0,60

MS: matière sèche; MM: matière minérale; MO: matière organique; MAT: matière azotée totale; NDF: fibres insolubles dans les détergents neutres, Vgaz : production de gaz, EM : quantité d'énergie métabolisable, DMO: digestibilité de la matière organique *in vitro*

Prob>F = probabilité de réalisation de l'événement MS, MM, MO, MAT, NDF, Vgaz, EM, DMO, HS = effet hautement significatif ($p < 0,05$) ; S = effet significatif ($p \leq 0,05$) ; NS = effet non significatif ($p > 0,05$)

4.1 Teneurs en matières sèche, organique et minérale : La teneur moyenne en MS de la partie aérienne des trois espèces de vesce étudiées ($12,47 \pm 0,86\%$) est plus ou moins équivalente à la teneur de la MS moyenne évaluée chez trois autres légumineuses fourragères par Khalfallah et Zehani (2007) ; *Lathyrus cicera* L. (13,3%), *Medicago truncatula* Gaertner (11%) et *Scorpiurus muricatus* L. (9,5%). Toutefois, malgré l'effet non significatif entre espèces du paramètre teneur en matière sèche, *V. sativa* et *V. villosa* présentent des teneurs moyennes en matière sèche (respectivement $12,78 \pm 0,05\%$ et $12,79 \pm 0,02\%$) légèrement

plus élevées que celles de *V. narbonensis* ($11,86 \pm 0,06\%$) (Tableau 3). Les trois espèces de vesce étudiées présentent une matière sèche riche en MO. En effet, la teneur moyenne en MO est de $90,58 \pm 1,06\%$ (Tableau 2) de la matière sèche ($91,64 \pm 0,47\%$ chez *V. sativa*, $90,84 \pm 0,45\%$ chez *V. villosa* et $91,28 \pm 0,96\%$ chez *V. narbonensis*) (Tableau 3). Ces valeurs moyennes obtenues sont plus importantes que celles enregistrées chez d'autres légumineuses comme *Lathyrus cicera* L. (88,4%), *Medicago truncatula* Gaerth. (86,3%) et *Scorpiurus muricatus* L. (73,1%) (Khalfallah et Zehani, 2007). Particulièrement, la teneur moyenne en MO des deux variétés

étudiées de *V. sativa* (var. *sativa* et var. INRAT303), de l'ordre de $91,64 \pm 0,47\%$, se rapprochent des teneurs enregistrées par PAD (2014), en Tunisie, pour *V. sativa* (variété Badr) qui sont supérieures à 87% de la MS. De plus, les teneurs en MO de la matière sèche des feuilles de *Medicago truncatula*, *Pisum sativum*, *Hedysarum coronarium* et *Vicia sativa* sont de l'ordre de $88,2 \pm 0,36\%$; $88,8 \pm 0,01\%$; $90,5 \pm 0,35\%$ et $88,1 \pm 1,06\%$, respectivement, d'après une étude antérieure de Selmi *et al.* (2010a). Bien que la différence entre les trois espèces de vesces n'est pas significative d'après le test de Duncan pour la

teneur en matière minérale (ou cendres brutes), *V. sativa* et *V. villosa*, présentent des teneurs en cendres légèrement plus importantes (respectivement, $13,10 \pm 0,13\%$ et $13,62 \pm 0,12\%$) que celle de *V. narbonensis* ($12,51 \pm 0,12\%$). Ces espèces de vesce sont plus riches en MM que d'autres légumineuses fourragères qui présentent des teneurs en MM ne dépassant pas les 11,8% à savoir *Medicago truncatula* ($11,8 \pm 0,36\%$), *Pisum sativum* ($11,2 \pm 0,16\%$) et *Hedysarum coronarium* ($9,5 \pm 0,22\%$) (Selmi *et al.*, 2010a).

Tableau 3 : Teneurs moyennes en pourcentage des paramètres analysés liés à la valeur nutritionnelle dans les parties aériennes des trois espèces de vesces (selon le test de Duncan au seuil de 5%).

Paramètres	Teneurs moyennes des paramètres analysés		
	<i>V. sativa</i>	<i>V. villosa</i>	<i>V. narbonensis</i>
MS (%)	$12,78 \pm 0,05^a$	$12,79 \pm 0,02^a$	$11,86 \pm 0,06^a$
MM (% MS)	$13,10 \pm 0,13^a$	$13,62 \pm 0,12^a$	$12,51 \pm 0,12^a$
MO (% MS)	$91,64 \pm 0,42^a$	$90,84 \pm 0,45^b$	$91,28 \pm 0,96^a$
MAT (% MS)	$28,75 \pm 0,96^a$	$16,61 \pm 0,98^c$	$23,92 \pm 0,17^b$
NDF (% MS)	$67,88 \pm 1,96^{ab}$	$65,4 \pm 0,46^b$	$70,30 \pm 0,96^a$
Vgaz (ml/kg MS)	$28,81 \pm 0,19^b$	$27,57 \pm 0,29^c$	$31,45 \pm 0,13^a$
EM (MJ/ kg MS)	$7,42 \pm 0,86^{ab}$	$6,97 \pm 0,35^b$	$7,64 \pm 0,20^a$
DMO (% MS)	$59,03 \pm 0,96^{ab}$	$55,17 \pm 0,69^b$	$59,48 \pm 0,65^a$

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil 5% (d'après le test de Duncan)

MS: matière sèche; MM: matière minérale; MO: matière organique; MAT: matière azotée totale; NDF: fibres insolubles dans les détergents neutres, Vgaz : production de gaz, EM : quantité d'énergie métabolisable, DMO: digestibilité de la matière organique *in vitro*

4.2 Teneur en matière azotée totale :

D'après l'analyse statistique, le facteur espèce a un effet hautement significatif pour le paramètre MAT (Tableau 2). En effet, la teneur en matière azotée totale chez les trois espèces de vesce oscille entre $16,61 \pm 0,98\%$ à $28,75 \pm 0,96\%$ de la MS. *V. sativa* représente l'espèce la plus riche en matière azotée totale avec ($28,75 \pm 0,96\%$). En effet, selon Ben Youssef (2019), *V. sativa* est un potentiel fourrager et grainier, avec une palatabilité et une valeur nutritionnelle assez élevées, et ce, à tous les stades de développement. Elle surpasse significativement *V. narbonensis* et *V. villosa* renfermant, respectivement, $23,92 \pm 0,17\%$ et $16,61\%$

(Tableau 3). Ainsi, concernant la variété de vesce commune, *V. sativa*, nos résultats confirment ceux obtenus par Selmi *et al.* (2010a) pour la même espèce ($28,0 \pm 0,4\%$ en MAT). Par contre, la teneur en matière azotée totale de *V. narbonensis* ($23,92 \pm 0,17\%$) dépasse celle enregistrée chez *Hedysarum coronarium* L. ($19,8 \pm 4,02\%$) et est très proche de *Medicago truncatula* Gaertner ($25,2 \pm 1,15\%$) et *Pisum sativum* L. ($26,5 \pm 0,01\%$), caractérisées par des teneurs relativement élevées en protéines brutes. D'après INRAT (2019), *V. narbonensis*, grâce à sa richesse en MAT, elle peut être incorporée dans la fabrication des aliments concentrés destinés à l'alimentation des ruminants. Les essais sur ovins

adultes ont montré la possibilité d'aller jusqu'à un taux de substitution au tourteau de soja, de 23%, sans conséquences négatives sur les performances. En Tunisie, *V. narbonensis* var. Faiza est utilisée en graines, étant donné sa richesse en MAT (28%). Elles sont broyées et sont incorporées (23%) dans le concentré des ruminants (Ben Youssef, 2019). Nos résultats indiquent que les trois espèces de vesce sont dotées d'une richesse en MAT. En effet, la teneur en protéines des légumineuses fourragères est plus importante que celle des Poacées fourragères, d'autant qu'elle est obtenue sans fertilisation azotée. Les feuilles sont de meilleure qualité que les tiges, c'est-à-dire, de point de vue teneur en protéines et valeur énergétique (Julier et Huyghe, 2010).

4.3 Teneurs en fibres insolubles dans les détergents neutres (NDF) : Les nutritionnistes de l'alimentation animale utilisent les fibres au détergent neutre (NDF) comme bon indicateur de l'énergie, de volume et donc, de l'apport alimentaire, notamment pour les ruminants. La cellulose, l'hémicellulose et la lignine constituent la teneur en fibres totales qui sont un élément important du métabolisme du rumen (Analytics Beyond Measure, 2018). Le test de classification de Duncan montre que les parties aériennes de *V. narbonensis* renferment une teneur plus élevée en NDF ($70,30 \pm 0,96\%$) que celles de *V. sativa* ($67,88 \pm 1,96$) et de *V. villosa* ($65,4 \pm 0,46\%$) (Tableau 3). Ce résultat pourrait être expliqué par la morphologie de la vesce de Narbonne. En effet, elle est caractérisée par ses épaisses tiges et ses feuilles de grande taille. Par conséquent, elle renferme plus de lignine et de cellulose (Hassen, 2000). Selon Selmi et al. (2010a) et PAD (2014), en Tunisie, des teneurs en parois végétales de 34,9% MS pour *Pisum sativum* var. Yamama, 41% MS pour *Medicago truncatula* var. Safia et 40,2% MS pour *Hedysarum coronarium* ont été enregistrées. En outre, l'étude de la composition en NDF du Bersim, de l'avoine, de l'orge, de l'ensilage vesce-avoine et de foin vesce-avoine menée par Hammami et al. (2011) en Tunisie, montre que ces teneurs oscillent entre 42% (Bersim) et 56%

(foin de vesce-avoine). Ces teneurs en NDF sont nettement plus faibles que celles obtenues par notre étude sur les vesces.

4.4 Production de gaz : Chez les ruminants, la production du CH₄ et du CO₂ d'origine fermentaire est le résultat de la dégradation anaérobie de la biomasse végétale ingérée par les microorganismes du tube digestif (Chouinard, 2002). De ce fait, l'émission de ces gaz dépend du régime alimentaire du bétail et de la composition du rumen en microorganismes (Mc Guin et al., 2004). Plus l'aliment est digestible, plus la production de gaz dans le rumen est élevée (Khalfallah et Zehani, 2007). Dans notre étude, la production de ces gaz à l'issue de l'incubation des vesces dans des seringues en verre calibrées, reflète le potentiel de dégradation de la matière sèche dans le rumen de l'animal. Ce facteur s'avère discriminant entre les trois espèces de vesces étudiées, étant donné, qu'une variabilité importante et des différences significatives, ont été observées concernant le volume de gaz dégagé. Les résultats de cette analyse montrent que les plantes de *V. narbonensis* produisent le volume de gaz le plus élevé ($31,45 \pm 0,13$ ml/kg de MS) et se distinguent de celles de *V. sativa* et de *V. villosa* qui ont produits des volumes de gaz respectifs de $28,81 \pm 0,19$ et $27,57 \pm 0,29$ ml/kg de MS (Tableau 3). Les teneurs relativement élevées en MAT associées à la teneur élevée en énergie métabolisable ont été à l'origine de cette production de gaz élevée. En outre, les volumes de gaz déterminés dans cette étude sont nettement supérieurs aux résultats rapportés par Selmi et al. (2010b), qui ont estimé la production de gaz de certains arbustes fourragers du nord tunisien ; *Olea europaea* L., *Genista aspalathoides* Lam., *Pistacia lentiscus* L., *Cistus monspeliensis* L., *Calycotum villosa* Link., *Erica arborea* L., *Myrtus communis* L. et *Quercus suber* L. sur le rumen de béliers. Le volume maximal de méthane a été enregistré chez *Olea europaea* (14,25 ml/kg de MS) et le plus faible chez *Erica arborea* (5,75 ml/kg de MS) et *Quercus suber* (7,75 ml/kg de MS). La valeur nutritive de ces légumineuses, déterminée par la technique de production de

gaz, est très proche de celles évaluées chez d'autres légumineuses fourragères et pastorales en Tunisie (Khalfallah et Zehani, 2007) et chez *Astragalus hamosus* L. et *Coronilla scorpioides* Koch. (Zoghلامي, 2007). En Algérie, Chentli *et al.* (2014) ont montré que les émissions du CH₄ par les arbustes fourragers *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, *Acacia nilotica* (L.) Willd. et *Acacia saligna* (Labill.) H.L.Wendl. sont réduites à 5 ; 3,5 et 3 ml/200 mg de MS expliquées par leur richesse en tanins (Soltan *et al.*, 2012).

4.5 Énergie métabolisable : Selon Julier et Huyghe (2010), la valeur d'un fourrage est déterminée par la teneur et la dégradabilité de l'azote par le jus de rumen, mais également, par l'énergie fournie par le fourrage. En effet, les aliments subissent de nombreuses dégradations progressives dans l'appareil digestif des ruminants qui se traduisent par des pertes d'énergie très variables selon la nature du fourrage. L'utilisation de l'énergie des aliments par l'animal aboutit, à partir de l'énergie brute, à la formation de l'énergie nette qui est la valeur énergétique réelle d'un aliment. L'énergie métabolisable (EM) constitue, ainsi, une étape intermédiaire dans ce métabolisme énergétique. Elle exprime la quantité d'énergie théoriquement utilisée par les tissus de l'animal. Elle correspond à l'énergie digestible diminuée des pertes d'énergie sous forme de méthane et d'urine. L'énergie métabolisable est directement liée à la digestibilité du fourrage et diminue avec l'âge de la plante. Les résultats de cette étude, concernant l'énergie métabolisable, estimée à partir de la production de gaz des parties aériennes des trois espèces de vesce, montrent que *V. narbonensis* et

V. sativa sont plus riches en énergie métabolisable (respectivement égales à $7,64 \pm 0,20$ et $7,42 \pm 0,86$ MJ/kg MS) que *V. villosa* ($6,97 \pm 0,35$ MJ/kg MS) (Tableau 3). Ces valeurs sont nettement plus importantes que celles enregistrées par Ettian *et al.* (2018), en Afrique, particulièrement en Côte d'Ivoire de deux Poacées ; *Panicum maximum* Jacq. (488,11 kcal/kg de MS) et *Pennisetum purpureum* Schumach. (500,24 kcal/kg de MS) équivalentes respectivement à 2 MJ/kg de MS et à 2,09 MJ/kg de MS. Contrairement, les valeurs moyennes de l'énergie métabolisable de *V. sativa* enregistrées dans cette étude se rapprochent de celles estimées par Selmi *et al.* (2010a) ($2338 \pm 4,6$ kcal/kg de MS équivalent à 9,8 MJ/kg MS).

4.6 Digestibilité *in vitro* de la matière organique : *V. narbonensis* et *V. sativa* sont les deux espèces les plus performantes en termes de digestibilité *in vitro* de la matière organique (respectivement égales à $59,48 \pm 0,65\%$ et $59,03 \pm 0,96\%$). Celle de *V. villosa* ne dépasse pas $55,17 \pm 0,69\%$ (Tableau 3). Nos résultats se rapprochent des pourcentages de DMO de *Medicago truncatula* (DMO=56,99%), mais sont plus importants que ceux de *Medicago minima* (DMO=39,1%), mentionnés par Zoghلامي (2007). Par contre, ces pourcentages sont faibles par rapport à *Medicago truncatula* ($75,3 \pm 4,66\%$), *Pisum sativum* ($78,6 \pm 0,64\%$), *Hedysarum coronarium* ($80,3 \pm 3,24\%$) et *Vicia sativa* $80,4 \pm 0,40\%$ (Selmi *et al.*, 2010a). La teneur en énergie métabolisable des légumineuses étudiées semble dépendre des teneurs en MO, en MAT et en glucides pariétaux (NDF), ainsi que de la qualité de l'azote (Khalfallah et Zehani, 2007).

5 CONCLUSION

On en conclut à travers cette étude que les parties aériennes ; feuilles et tiges, récoltées au stade floraison, des trois espèces de vesces fourragères tunisiennes *Vicia sativa*, *Vicia villosa* et *Vicia narbonensis* seraient de véritables

ressources alimentaires énergétiques et protéiques. Elles pourraient contribuer à équilibrer les rations de base des ruminants et à améliorer leur appétibilité.

6 REFERENCES

- Abidi S, Ben Youssef S. et Ben Salem H : 2019. Intégration des fourrages dans l'alimentation des ruminants sous AC. La vesce : une histoire de réussite. Integrating Livestock in CLCA Project, Tunisia.
- Abdullah Y, Muwalla MM, Qudsieh RL. et Titi HH : 2010. Effect of bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds as a replacement protein source of soybean meal on performance and carcass characteristics of finishing Awassi lambs. *Tropical Animal Health and Production* 42: 293-300.
- Alzueta C, Caballero R, Rebole A, Trevin J. et Gil A : 2001. Crude protein fractions in common vetch (*Vicia sativa* L.) Fresh forage during pod filling. *Journal of Animal Science* 79: 2449-2455.
- Analytics Beyond Measure : 2018. Analyse des fibres en nutrition animale insoluble cellulosique, fibre au détergent neutre et fibre au détergent acide - Méthodes officielles et possibilités d'automatisation. 33 pp.
- AOAC (Association of Analytical Chemists) : 1984. Méthodes standard officielles d'analyse de l'Association of Analytical Chemists. 14e édition, SW Williams, Washington DC. 121 pp.
- APG IV (Angiosperm Phylogeny Group) : 2016. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants : APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20.
- Baumont R, Aufrère J. et Meschy F : 2009. La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages* 198: 153-173.
- Beji S. et Khemir E : 2012. Performances de deux associations fourragères, triticale - bersim et triticale - vesce, dans un milieu semi-aride de Tunisie. *Fourrages* 212: 337-342.
- Ben Jeddi F. et Zouaghi M : 1991. Productivités des associations orges-vesces dans le semi-aride inférieur de la Tunisie. *Revue de l'INAT* 6: 25-36.
- Ben Youssef S : 2019. Quelles cultures fourragères sous un climat en mutation ? L'élevage dans les régions aride et semi-aride face aux défis du changement climatique. Erasmus Programme of the European Union.
- Chentli A, Gillmann L, Bouazza L, Medjkal S, Limami AM, Le Paven MCM. et Bousseboua H : 2014. Effects of secondary compounds from cactus and acacias trees on rumen microbial profile changes performed by Real- Time PCR. *International journal of Advanced Research* 2(2) : 660-671.
- Chouinard Y : 2002. Production et émission du méthane et du gaz carbonique par les ruminants. 65^{ème} Congrès de l'ordre des agronomes du Québec. 10 pp.
- Ettian MK, Gbogouri GA, Djenontin AJ. et Mensah GA : 2018. Évaluation des apports nutritionnels et énergétiques des fourrages verts dans l'alimentation des aulacodes (*Thryonomys swinderianus*) en Côte d'Ivoire, *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 6(1) : 99-109.
- Frincioglu HK : 2014. A comparison of six vetches (*Vicia* spp.) for developmental rate, herbage yield and seed yield in semi-arid central Turkey. *Grass and Forage Science* 69: 303-314.
- Guinet M, Nicolardot B, Durey V, Revellin C, Lombard F, et al. : 2019. Fixation symbiotique de l'azote et effet précédent : toutes les légumineuses à graines se valent-elles ? *Innovations Agronomiques* 74: 55-68.
- Goering HK. et Van Soest PJ : 1970. Forage Fibre Analyses. Agricultural handbook no. 379, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Haddad SG : 2006. Bitter vetch grains as a substitute for soybean meal for growing lambs. *Livestock Science* 99 : 221-225.

- Hammami M, Chermiti A, Bouraoui R, Ben Gara A, Rekik B. et Rouissi H : 2011. Prédiction de l'ingestibilité de quelques fourrages Tunisiens par les génisses et les brebis, à partir des caractéristiques chimiques et de dégradabilité ruminale. *Livestock Research for Rural Development* 23(4).
- Hassen H : 1994. Évaluation agronomique de quelques génotypes de vesce en Tunisie. *El Awamia* 87: 63-75.
- Hassen H, Zoghlami A. et Robertson LD : 1996. Répartition des espèces du genre *Vicia* en Tunisie selon quelques paramètres du milieu. *Annales de l'INRAT* 69: 207-222.
- ILDIS : 1999. International Legume Database and Information Service.
- INRAT : 2019. Recueil des obtentions fourragères et pastorales de l'INRAT, Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche. 32 pp.
- Iqbal MA. et Iqbal A : 2015. Overviewing forage shortage for dairy animals and suitability of forage sorghum for ensiling. *Global Veterinaria* 14(2) : 173-177.
- 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.
- Khalfallah G. et Zehani MS : 2007. Caractérisation nutritionnelle et anti-nutritionnelle de quelques légumineuses fourragères et pastorales. Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie. 68 pp.
- Klein HD, Rippstein G, Huguenin J, Toutain B, Guerin H. et Louppe D : 2014. Les cultures fourragères. Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux. 267 pp.
- Le Floch E, Boulos L. et Vela E : 2010. Catalogue Synonymique Commenté de la Flore de Tunisie. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Banque Nationale de Gènes, Tunisie.
- LPWG (Legume Phylogeny Working Group) : 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 66(1) : 44-77.
- Lewis GP, Schrire BD, Mackinder BA. et Lock JM : 2005. Legumes of the World. Royal Botanic Gardens (Kew XIV), Richmond, UK.
- Mc Guin SM, Beauchemein KA, Coates T. et Colombatto D : 2004. Methane emission from beef cattle : effects of mnensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal of Animal Science* 82: 3346-3356.
- Menke KH. Et Steingass H : 1988. Estimation de la valeur énergétique de l'alimentation obtenue à partir de l'analyse chimique et de la production de gaz *in vitro* à l'aide du liquide ruminal. *Animal research and development* 28: 7-55.
- Mousa SA. et Orabi S : 2014. Growth Performance, Rumen Fermentation Parameters and Selected Serum Macro and Micro Mineral in Egyptian Steers Fed on Berseem Hay. *Global Veterinaria* 13(2) : 233-236.
- PAD (Promotion de l'Agriculture Durable et du Développement Rural) : 2014. Projet pour la Promotion de l'agriculture durable et du développement rural, Filière légumineuse alimentaire et fourragère dans le gouvernorat de Béja - Activité 1 : Diagnostic et cartographie de la filière. 52 pp.
- Sadeghi GH, Mohammadi L, Ibrahim SA. et Gruber KJ : 2009. Use of bitter vetch (*Vicia ervilia*) as feed ingredient for poultry . *World Poultry Science Journal* 65: 51-63.
- Selmi H, Gasmi-Boubaker A, Mehdi W, Rekik B, Ben Salah Y. et Rouissi H : 2010a. Composition chimique et digestibilité *in vitro* des feuilles d'*Hedysarum coronarium* L., *Medicago truncatula* L., *Pisum*

- sativum* L. et *Vicia sativa* L. *Livestock Research for Rural Development* 22(6).
- Selmi H, Gasmi-Boubaker A, Mosquera-Losada R, Rekik B, Ben Gara A, Ben Mahmoud A, et al. : 2010b. Production de gaz *in vitro* par les arbustes fourragers du nord Tunisien. *Livestock Research for Rural Development* 22(3).
- Soltan YA, Morsy AS, Sallam SMA, Louvandini H. et Abdalla AL : 2012. Comparative *in vitro* evaluation of forage legumes (*Prosopis*, *Acacia*, *Atriplex*, and *Leucaena*) on ruminal fermentation and methanogenesis. *Journal of Animal and Feed Sciences* 21: 759-772.
- Tilley JMA. et Terry RA : 1963. A tow stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal British Grassland Society* 18: 104-111.
- Yucel C, Hizl H, Firincioglu HK, Cil A. et Anlarsal AE : 2009. Forage yield stability of common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes in the Cukurova and GAP Regions of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 33: 119-125.
- Zoghlami KA : 2007. Écologie et variabilité des populations spontanées d'*Astragalus hamosus* L. et de *Coronilla scorpioides* (L.) Koch. Thèse de doctorat, INAT. 187 pp.