



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Francophone pour les Prairies et les
Fourrages

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.fr

Effet du système d'élevage sur la qualité du kéfir camelin

S. Arroum^{1, 2}, A. Sboui¹, N. Ayeb^{1, 3}, M. Atigui¹, M. Benrjeb¹, I. Fguiri¹, M. Dbara¹, M. Hammadi¹, T. Khorchani¹

La boisson au kéfir s'est largement répandue dans le monde entier, en raison de ses propriétés nutritionnelles. Majoritairement fabriqué à base du lait caprin, il existe des variantes développées à base du lait camelin, dont les propriétés nutritives sont encore peu étudiées. Évaluer l'impact de l'alimentation des dromadaires sur leur production laitière et la qualité physicochimiques du Kéfir camelin constitue un enjeu pour son futur développement.

RESUME

La quantité ainsi que la qualité du lait camelin dépend de plusieurs facteurs notamment le système d'élevage. L'intensification est un moyen clé pour l'amélioration de la production laitière cameline. La demande accrue pour le lait de chamelle par les consommateurs dans le marché tunisien, le problème de conservation de ce lait à l'état cru et sa thermo-sensibilité amènent à trouver des alternatives comme le kéfir camelin pour la conservation de ce produit noble en préservant ses qualités nutritionnelles. C'est dans ce cadre que cette étude a été menée, afin d'étudier l'effet du système d'élevage et de la ration alimentaire sur la qualité du kéfir camelin. Des échantillons de la ration alimentaire des chameaux ont été prélevés dans plusieurs sites. L'analyse de la composition chimique des plantes pastorales collectées et des aliments distribués aux chameaux a été effectuée. Elle a été complétée par une analyse des paramètres physicochimiques et biochimiques des kéfirs camelins issus de différents systèmes d'élevage (extensif, intensif et semi-intensif), afin de chercher une éventuelle relation entre l'alimentation des animaux et la qualité de kéfir produit. Les résultats ont montré que les plantes pastorales sont riches en fibres. Ils ont montré des teneurs élevées en NDF et ADF, particulièrement la *Stipa tenacissima*, l'*Aeluropus litoralis* et l'*Astragalus armatus* ($81,11 \pm 1,2$; $72,16 \pm 5,31$ et $64,75 \pm 5,46$ % MS, respectivement en NDF et $13,44 \pm 0,03$; $13,5 \pm 2,36$ et $13,33 \pm 3,02$ respectivement en ADL). Ces plantes sont pauvres en matière azotée totale (MAT). Cette étude a montré que les conditions d'alimentation ont une influence significative sur l'acidité (pH) et la teneur en matière grasse du kéfir préparé à base du lait de chamelle. Le kéfir camelin issu des systèmes extensifs est plus acide ($87,66 \pm 2,00$) que celui issu des deux autres systèmes d'élevage, alors qu'à l'inverse le taux en matière grasse est plus important en mode intensif ($45,45 \pm 3,61$ g/l) comparé au système semi-intensif ($35,45 \pm 4,75$ g/l) et extensif ($23,99 \pm 4,39$). La transition du mode extensif vers le semi-intensif nécessite l'amélioration des conditions d'élevage pour augmenter la production animale et préserver l'environnement pastoral.

SUMMARY

Phenotypic characterization of 28 spontaneous accessions of the genus *Vicia* L. in the semi-arid region of Setif (Algeria)

The quantity as well as the quality of camel milk depends on several factors, in particular the breeding system. Intensification is a key way to improve camel milk production. The increased demand for camel milk by consumers in the Tunisian market and the problem of preserving this milk in its raw state and its heat sensitivity led us to look for an alternative to preserve this noble product while maintaining its nutritional qualities, including camel kefir. In this context, this work was conducted to study the effect of the breeding system and the diet of camels on the quality of camel kefir. A collection of different feeding samples was carried out in several sites. The chemical composition of the pastoral plants collected and the food distributed to the camels was determined. Then a study of the physicochemical and biochemical parameters of camel kefirs from different breeding systems (extensive, intensive and semi-intensive) was determined. In order to seek a possible relationship between animal feed and the quality of kefir produced. The results showed that pastoral plants are rich in fiber. They showed high contents of NDF and ADF, particularly *Stipa tenacissima*, *Aeluropus litoralis* and *Astragalus armatus* (81.11 ± 1.2 ; 72.16 ± 5.31 and 64.75 ± 5.46 % MS, respectively in NDF and 13.44 ± 0.03 ; 13.5 ± 2.36 and 13.33 ± 3.02 respectively in ADL). These plants were poor in total nitrogenous matter (MAT). This study demonstrated that the feeding conditions have a significant influence on the acidity (pH) and fat content. The Camel kefir from extensive systems is more acidic (87.66 ± 2.00) than that from both other rearing systems, while conversely the fat content is higher in intensive mode (45.45 ± 3.61 g/l) compared to the semi-intensive (35.45 ± 4.75 g/l) and extensive (23.99 ± 4.39) system. The transition from extensive to semi-intensive system requires the improvement of breeding conditions to increase animal production and preserve the pastoral environment.

AUTEURS

- 1 : Laboratoire d'élevage et de la faune sauvage, Institut des Régions Arides (IRA), Médenine, Tunisie
- 2 : Institut Supérieur Agronomique de Chott-Meriem, Université Sousse, Tunisie
- 3 : Centre Régional des Recherches Agricoles (CRRRA) Sidi Bouzid, Tunisie

MOTS-CLES : Systèmes d'élevage, lait camelin, composition chimique, qualité de kéfir, parcours.

KEY-WORDS: Livestock systems, camel milk, chemical composition, quality of kefir, rangeland

REFERENCE DE L'ARTICLE : Arroum S., Sboui A., Ayeb N., Atigui M., Benrjeb M., Fguiri I., Dbara M., Hammadi M., Khorchani T., (2023). « Effet du système d'élevage sur la qualité du kéfir camelin ». Fourrages 256, 25-33

L'élevage camelin en Tunisie joue un rôle économique, social et écologique important en particulier dans le sud du pays, le nombre des dromadaires étant estimé entre 100 000 et 500 000 têtes (Faye *et al.*, 2004). L'élevage camelin est bien adapté aux systèmes d'élevage extensifs et désertiques (Faye, 2009), le dromadaire valorisant les ressources des parcours couverts d'une végétation peu ou pas appréciée par les autres ruminants (Longo *et al.*, 2007). Ces dernières années le secteur de l'élevage camelin a soulevé beaucoup d'intérêt et des unités d'élevage intensif de chamelles laitières se sont implantées dans les zones périurbaines et les oasis du sud tunisien (Atigui, 2014). C'est un système sédentaire qui nécessite une complémentation alimentaire importante (Faye, 1997). Un système semi-intensif s'est également développé pour améliorer la rentabilité du cheptel et produire un lait de bonne qualité nutritionnelle avec un moindre coût en intrant par rapport au système intensif.

Le lait de chamelle présente une haute valeur nutritionnelle : c'est une bonne source de protéines et de substances minérales (Brezovečki *et al.*, 2015).

En Tunisie, Moslah (1998) rapporte une production moyenne de lait par animal de $1,62 \pm 0,4$ l/j pendant 7 mois de lactation pour des dromadaires élevés sur parcours en système extensif. En élevage intensif, avec une bonne maîtrise de l'alimentation, la production laitière des chamelles peut arriver jusqu'à $7,5 \pm 0,5$ l/j (Hammadi *et al.*, 2010). L'augmentation de la production laitière des chamelles et la disponibilité du lait a encouragé sa transformation en laits fermentés. Au nord de l'Afrique, les produits laitiers fermentés traditionnels sont populaires, en particulier en fromage, produits fermentés localement nommés jben et lben (Benkerroum, 2013), alors que le kéfir de lait reste encore méconnu. Une étude récente réalisée en Tunisie a montré que sa consommation est très limitée. Seulement 43 % des enquêtés connaissaient le kéfir, et 75 % d'entre eux recherchent ce produit sur le marché (Arroum *et al.*, 2022). En ce sens le kéfir constitue une solution supplémentaire pour prolonger la durée de conservation du lait et améliorer la qualité nutritionnelle des produits laitiers qui en sont dérivés (Arslan, 2015).

Le type de systèmes d'élevages a un effet sur la composition du lait de chamelle (Khan et Iqbal, 2001 ; Konuspayeva *et al.*, 2009; Musaad *et al.*, 2013; Fguiri *et al.*, 2018 ; Chamekh *et al.*, 2020), principalement du fait de la diversité des rations alimentaires fournies aux animaux qui affectent par conséquence la qualité des produits dérivés. Ainsi, Satir et Guzel-Seydim (2016) ont montré que les conditions d'alimentation influencent significativement la composition du kéfir caprin.

Espèces	cycle de vie	Famille
<i>Suaeda mollis</i>	a	Chenopodiaceae
<i>Reaumuria vermiculata</i>	p	Tamaricacées
<i>Launaea glomerata</i>	a	Astéracées
<i>Retama raetam</i>	p	Fabaceae
<i>Stipa tenacissima</i>	P	Poaceae
<i>Limoniastrum gynianum</i>	p	Plumbaginaceae
<i>Halocnemum strobilacum</i>	p	Amaranthaceae
<i>Atriplex halimus</i>	p	Chénopodiacées
<i>Ttarganum nudatum</i>	p	Amaranthacées
<i>Nitraria retusa</i>	p	Nitrariaceae
<i>Tamarix gallica</i>	p	Tamaricaceae
<i>Salsola tetrandra</i>	p	Amaranthacées
<i>Aeluropus littoradis</i>	p	Poaceae
<i>Zygophyllum album</i>	p	Zygophyllaceae
<i>Frankinia thymofolia</i>	p	Frankeniaceae
<i>Astragalus armatus</i>	p	Fabacées
<i>Deverra tortuosa</i>	p	Apiaceae

TABLEAU 1 : Exemple des plantes consommées par les dromadaires sur parcours
Table 1 : Example of plants eaten by Arabian camels on grazing land

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet du système d'élevage, et en particulier l'alimentation sur la composition physico-chimique du « Kéfir » produit à base du lait de chamelle. Pour cela nous avons déterminé la composition chimique des aliments pâturés broutés par les dromadaires (*Camelus dromedarius*) dans les différents systèmes et analysé les propriétés physico-chimique du kéfir produit à partir du lait de chamelle (pH, taux matière grasse, taux en protéine) produit dans les différents systèmes de production afin d'identifier une relation entre le type d'alimentation cameline et la qualité du kéfir produit.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Collecte du lait et des aliments

L'étude a été réalisée au sud-est tunisien dans le laboratoire d'Élevage et de la Faune Sauvage à l'Institut des Régions Arides (IRA) Médenine. Les échantillons des aliments ont été collectés sur une période de 5 mois (février jusqu'à juin 2020) et ont été issus de différents systèmes d'élevage dans les deux gouvernorats de Médenine et de Gabes. Trois systèmes d'élevage ont été étudiés. Le système extensif est caractérisé par une faible charge animale (environ 15 chameles /100 ha). Les animaux produisent environ 1,5 à 2 l de lait /chamelle/jour. Dans ce système, l'alimentation est basée sur la végétation de parcours sans recours à aucune complémentation et a été estimée de 6,2 kg de matière sèche/animal/jour (Ben Arfa *et al.*, 2004) ou 14,8 kg de matière brute/animal/jour. Le système d'élevage intensif se caractérise par une forte charge animale (environ 30 chameles/100 ha). La production laitière dans ce système est en moyenne de 6 à 7 l /chamelle. L'alimentation utilisée dans ce système intensif est présentée dans le Tableau 2. Le système semi-intensif se caractérise par une charge animale intermédiaire. Les chameles dans ce système produisent 3 à 4 l de lait par chamelle. L'alimentation est combinée entre la végétation du parcours et une complémentation le soir (Tableau 2).

La composition floristique des parcours étudiés en système extensif et en semi intensif (Tableau 1), a été réalisée en mobilisant l'expertise d'un chamelier et d'un expert dans l'élevage et l'alimentation du dromadaire.

La composition floristique des parcours étudiés est représentée dans le Tableau 1.

Le lait a été collecté dans la même période à partir de femelles saines, multipares et en mi-lactation. Le nombre des échantillons prélevés est variable selon le nombre des chameles présentes sur parcours ou en étable. Tous les détails d'échantillonnage pour l'alimentation et le lait sont résumés dans le tableau 2

1.2. Analyses chimiques des aliments

Les plantes ont été collectées de février jusqu'à juin 2020. Durant cette période, le climat se caractérise par une pluviométrie faible (inférieur à 200 mm/an). Les analyses ont été effectuées sur la plante entière si elle est annuelle et sur les parties aériennes tendres (feuilles et tiges tendres) si elle est pérenne (Voir Tableau 1). La teneur en matière sèche (MS) de chaque plante ou aliment collecté a été déterminée après séchage dans une étuve à 105°C pendant 24 heures (AOAC, 1990)

La composition chimique des échantillons d'aliments broutés par les dromadaires a été déterminée après séchage (60°C pendant 48 h) et les échantillons ont été broyés finement à 1 mm. Toutes les analyses (matière minérale (MM), matière azotée totale (MAT),

Provenances	Ration alimentaire/animal	Nombre d'échantillons alimentation	Nombre d'échantillons lait
Système extensif 3 sites/parcours -Sidi Makhoulouf - Gataayet Chih - Halg Ejmel	Végétation du parcours	(17 espèces x3 sites x 3 répétitions =153)	10 x 3 répétitions 10 chameles x 3 répétitions 10 chameles x 4 répétitions
Système intensif 3 sites -Om Tammer - Chenchou - Elhamma	1 kg Foin d'avoine, 1 kg Foin du Luzerne, 1 kg Luzerne verte, 1 kg Concentré, 1 kg Grignon d'olive, 1kg son du blé et 1 kg bouchon du luzerne	7 aliments x3 sites x 3 répétitions = 63 échantillons	10 chameles x 2 répétitions 10 chameles x 2 répétitions 10 chameles x 4 répétitions
Système semi-intensif (troupeau expérimental) (IRA)*	Végétation du parcours et 1 kg Foin d'avoine, 1 kg Foin du Luzerne, 1 kg Luzerne verte, 1kg Concentré et 0,5 kg Grignon d'olive.	(17 espèces x3 sites x 3 répétitions =153) et 5 compléments alimentaires des bétails x 3)	10 chameles x 10 répétitions

TABLEAU 2 : Origine, ration alimentaire et nombre des échantillons du lait et des aliments
Table 2 : Origin, feed intake and number of milk and feed samples

résidus des fibres aux détergents neutres (NDF), fibres insolubles dans les détergents acides (ADF) et Lignine insolubles dans les détergents acides (ADL)) ont été prédites avec la méthode SPIR (longueur d'onde spectrale de 800 à 2500 nm) en utilisant les calibrations de composition chimique déterminée par Ben Rejeb *et al.*, (2020 et 2021).

1.3. Préparation du kéfir

Le kéfir a été préparé selon le protocole traditionnel décrit par Otles et Cagindi (2003). Les grains de kéfir ont été collectés auprès des utilisateurs privés et ont été stockés au frais dans le laboratoire d'élevage et de la faune sauvage. Le lait de chamelle a été pasteurisé à 72°C pendant 20 min ensuite refroidi à une température de 20 à 25°C. L'inoculation a été faite à 2 % de grains de kéfir. Le mélange a été incubé à une température de 25°C pendant 18 heures. Après la fermentation, les grains ont été séparés à travers un tamis, rincés et conservés au froid pour être réutilisés de nouveau. Le kéfir obtenu a été conservé à 4°C.

1.4. Détermination des caractéristiques physico-c

La valeur du pH a été déterminée à la température ambiante à l'aide d'un pH-mètre Thermo Orion. L'acidité titrable, exprimée en Degré Dornic (°D), a été déterminée selon les méthodes normalisées par une titration de NaOH N/9 en présence de phénol phtaléine (AFNOR, 1993). La viscosité a été mesurée par un viscosimètre numérique Brookfield DV-E de précision ± 1 % de la gamme à l'aide du mobile S₅ pour les kéfirs. La vitesse de tours est 100 rpm.

La teneur en matière sèche (MS) a été déterminée par séchage du Kéfir à l'étuve 105°C pendant 24 h, la teneur en matière minérale (MM) a été déterminée par incinération du Kéfir pendant 6h à 550°C (AFNOR, 1993).

La teneur en matière grasse (MG) du Kéfir a été déterminée en utilisant la méthode Gerber. Cette méthode repose sur la lecture directe sur un butyromètre de la quantité de matière grasse contenue dans 9,7 ml d'échantillon après dissolution des protéines par 12 ml de solution Neusal (Wang et Farah, 1998).

Les teneurs en protéines du Kéfir ont été déterminées en (g/l) par la méthode de Bradford (Bradford, 1976).

1.5. Analyse statistique

Les paramètres étudiés (les paramètres physico-chimiques) ont été soumis à une analyse de la variance ANOVA à un seul facteur (système d'élevage) par le logiciel SPSS (20) La différence entre les systèmes d'élevage a été exprimée en moyenne $\pm$ écart type. Lorsque les différences sont significatives, des

comparaisons des moyennes par le test Duncan 5 % sont réalisées pour évaluer l'effet du système d'élevage sur la qualité de Kéfir.

2. Résultats et Discussion

2.1. Propriétés de la végétation des parcours dans les systèmes extensifs

Les résultats de la composition chimique des différentes plantes broutées par les dromadaires sur parcours dans les systèmes extensifs (seule ressource alimentaire des animaux) ou semi extensif (où les animaux sont complémentés à l'étable, voir ci-dessous) sont présentés dans le tableau 3.

Il ressort du tableau 3 que la teneur en MS a varié de 16,9 $\pm$ 0,83 % pour *Zygophyllum album* à 67,8 $\pm$ 11,6 % pour *Aeluropus littoralis*. Des résultats similaires ont été avancés par Ben Rejeb *et al.* (2020) qui ont trouvé une teneur en MS égale à 17,9 % pour *Zygophyllum album*. L'existence des plantes riches en eau sont d'une importance majeure pour le dromadaire sur le parcours désertique (Ben Arfa *et al.*, 2004).

La teneur en matière minérale des plantes pastorales étudiées a montré que *Stipa tenacissima* a présenté la plus faible teneur en MM (2,31 $\pm$ 0,9 %). Toutefois, les teneurs les plus élevées en MM ont été notées pour *Frankinia thymofolia* (30,57 $\pm$ 11,2 %) et *Halocnemum strobilacum* (30,12 $\pm$ 3 %). Pour ces deux espèces, des concentrations similaires en MM ont été retrouvées par Ben Rejeb *et al.* (2020) qui affirme que la richesse en matière minérale peut être expliquée par la présence de sels dans ses milieux (sols salés).

La teneur en matière azotée totale mesurée varie de 3,40 % (*Aeluropus littoralis*) à 13,76 $\pm$ 4,63 % (*Tamarix gallica*). Ben Rejeb *et al.* (2020) ont confirmés que les moyennes des matières azotées des espèces pastorales entre 8,5 et 14,1 %. Les faibles teneurs en MAT peuvent être attribuées à la disponibilité en azote minéral dans le sol (Monod, 1992), ce qui a un impact négatif sur la valeur nutritive des plantes qui l'habitent. Andrieu et Weiss (1981) admettent que la variation en MAT est liée à la composition morphologique (rapport feuilles/tiges).

Dans le système d'élevage extensif, la majorité des espèces pastorales a montré des teneurs élevées en NDF et ADF, particulièrement pour *Stipa tenacissima*, *Aeluropus littoralis* et *Astragalus armatus* (tableau 3). Les teneurs en fibres pour l'espèce *Stipa tenacissima* sont comparables à celles mentionnée par Ayebe *et al.* (2019). En effet, la différence des valeurs entre les espèces végétales analysées peut être attribuée aux facteurs climatiques qui agissent sur la teneur et la composition des parois. De même, Assoumaya (2007), a rapporté que les variations de la composition chimique sont liées à l'environnement climatique et édaphique.

Plantes*	MS	MM	MAT	NDF	ADF	ADL
<i>Suaeda mollis</i>	53,19±5,31	18,65±2,13	7,88±0,03	60,52±0,68	45,81±6,55	15,19±1,3
<i>Reaumaria vermiculata</i>	44,62±0,66	17,97±1,22	9,87±2	40,03±2,4	23,6 ±0,4	11,19±3,9
<i>Launaea glomerata</i>	20,79±4,39	17,14±0,3	8,62±6	56,98±3,5	40,81±2,9	9,24±3
<i>Retama raetam</i>	43,18±6,44	3,92±1,79	10,56±4,5	62,5±4,24	47,83±4,08	16,88±1,3
<i>Stipa tenacissima</i>	59,24±7,94	2,31±0,9	5,27±0,2	81,11±1,2	61,69±1,05	13,44±0,03
<i>Limoniastrum gynianum</i>	40,02±5,69	29,61±3,5	8,73±1,24	48,15±3,2	31,39±3,02	18,31±1,62
<i>Halocnemum strobilacum</i>	18,79±5,11	30,12±3	6,92±1,2	48,12±2,2	29,12±1,5	10,34±0,5
<i>Atriplex halimus</i>	45,16±7,33	17,40±8,9	9,31±2,65	57,67±8,74	37,57±8,1	12,48±2,9
<i>Traganum nudatum</i>	38,71±8,67	24,64±4,5	9,07±2	49,1±3,2	28,89±0,36	6,59±3
<i>Nitraria retusa</i>	51,05±10,3	26,84±2,3	19,83±4,2	38,52±1,2	22,52±1	8,9±5,7
<i>Tamarix gallica</i>	36,47±7,22	16,67±2,47	13,76±4,6	45,01±1,51	25,13±0,9	14±1,7
<i>Salsola tetrandra</i>	27,07±7,33	27,73±3,43	8,81±2,11	43,01±4,4	25,09±3,75	6,58±1,74
<i>Aeluropus littoralis</i>	67,8±11,58	5,14±3,24	3,4±1,31	72,16±5,31	53,1±5,73	13,5±2,36
<i>Zygophyllum album</i>	16,9±0,83	27,27±4,82	10,28±1,2	33, 9±5,73	19,75±1,1	4,94±2,65
<i>Frankinia thymofolia</i>	49,11±12,5	30,57±11,2	4,84±1,94	41,69±1,6	26,86±2,72	12,09±0,4
<i>Astragalus armatus</i>	63,8±7,61	9,48±1,38	9,39±2,58	64,75±5,46	49,362±5,46	13,33±3,02
<i>Deverra tortuosa</i>	34,88±11,1	9,73±1,3	8,01±2,3	61,54±4	43,37±0,7	11,38±2

TABEAU 3 : Composition des espèces végétales broutées par les chameles dans le système extensif. (MS*: Matière sèche par rapport à la matière brute, MM : Matière minérale, MAT : Matière azotée totale (% MS), NDF : Les résidus des fibres aux détergents neutres ; ADF : Les fibres insolubles dans les détergents acides ; ADL : Lignine insolubles dans les détergents acides (% MS). (n = 9 pour chaque plante)

Table 3 : Composition of plant species grazed by camels in the extensive system. (MS*: Dry matter in relation to crude matter, MM: Mineral matter, MAT: Total nitrogenous matter (% MS), NDF : Fiber residues in neutral detergents; ADF : Acid detergent-insoluble fibers; ADL: Acid detergent-insoluble lignin (% MS). (n = 9 for each plant)

Les teneurs en ADL sont généralement importantes dans les différentes plantes pastorales récoltées. En effet, plusieurs auteurs ont confirmé que l'augmentation de la température stimule la lignification des tissus de soutien (Denium et Driven, 1975 ; Jarrige, 1981 et Demarquilly, 1982). Ainsi, Ozenda (1991) rapporte que les plantes sahariennes forment des cuticules épaisses pour diminuer leur vitesse d'évaporation.

2.2. Caractéristiques chimiques des aliments utilisées dans les rations distribuées à l'étable

L'alimentation en mode d'élevage semi-intensif est composée de la végétation des parcours, dont la composition floristique est la même que celle des parcours de système extensif (Tableau 3), et d'une complémentation à l'étable (concentrés, la luzerne verte, le foin et les grignons d'olive). La composition chimique des aliments distribués à l'étable est présentée dans le tableau 4.

Le concentré étudié possède une valeur en MAT de $17,2 \pm 0,06$ %. Il est utilisé généralement pour compenser le déficit protéique des fourrages de la ration. Néanmoins, les teneurs les plus élevées sont trouvées dans le foin de luzerne et la luzerne en vert avec respectivement $21,29 \pm 0,2$ % et $30,71 \pm 0,1$ %. Le foin d'avoine a présenté des faibles teneurs en MAT (Tableau 4). Ayeb *et al.* (2019) ont trouvé que le foin d'avoine présente une teneur en MAT de 6,34 %. En effet, les foin produits en Tunisie sont généralement coupés à un stade tardif du fait que le stade optimum de coupe correspond souvent à des périodes pluvieuses et il est établi que la teneur en azote diminue avec l'âge de plante (Demarquilly et Andrie, 1988).

Dans le système semi intensif, les ressources alimentaires ingérées par les animaux s'avèrent riches en fibre (Tableau 4). En effet, pour les fibres ADF, elles sont généralement reliées à la digestibilité et à la valeur énergétique du fourrage ; plus il y a de fibres dans le fourrage, plus la digestibilité et le contenu énergétique sont faibles (Arab *et al.*, 2009).

Aliments	(n=9, pour chaque aliment)						
	Système	MS	MM	MAT	NDF	ADF	ADL
Foin d'avoine	Semi Intensif SI	87,7±7	6,67±016	8,36±0,07	66,7±1,5	50±0,1	9,2±1,9
Foin de luzerne	SI	94,2±8,3	16,28±0,2	21,29±0,2	43,6±2,8	28,8±0,5	5,2±3,7
Luzerne verte	SI	19,3±3,1	13,22±01	30,71±0,1	38,6±5,8	26,4±2,3	3,9±0,8
Concentré	SI	87,5±1,9	18,29±0,21	17,2±0,06	40,6±0,9	32,4±2,5	2,5±4,3
Grignon d'olive	SI	86±5,1	9,84±0,29	5,32±0,02	57±3,9	35±0,9	10,9±1,4
Son du blé	Intensif	85,4±2,1	15,9±0,31	48,6±0,4	48,5±1,3	36,9±2,7	6,8±6,8
Bouchon de luzerne	Intensif	92±6,5	17,2±0,14	9,7±0,36	60,9±3,9	45,5±5	5,2±3,7

TABLEAU 4 : Composition chimique de la complémentation à l'étable (% de MS)

MS: Matière sèche par rapport à la matière brute, MM : Matière minérale, MAT : Matière azotée totale. NDF : Les résidus des fibres aux détergents neutres ; ADF : Les fibres insolubles dans les détergents acides ; ADL : Lignine insolubles dans les détergents acides

Table 4 : Composition of plant species grazed by camels in the extensive system. (MS: Dry matter in relation to crude matter, MM: Mineral matter, MAT: Total nitrogenous matter (% MS), NDF : Fiber residues in neutral detergents; ADF : Acid detergent-insoluble fibers; ADL: Acid detergent-insoluble lignin (% MS). (n = 9 for each plant)*

L'alimentation dans le système intensif est composée des mêmes ressources alimentaires fournies aux animaux dans le système semi-intensif avec un supplément des aliments (Son du blé et Bouchon de luzerne) présentes dans le tableau 4 sans aucun pâturage.

Le son du blé et la luzerne verte (Tableau 4) ont présenté les teneurs les plus élevées en MAT par comparaison aux autres aliments (48,6±0,4 et 30,71±0,1 % respectivement). Des études faites par Boillon et Roux (1996) montrent que la luzerne verte présente 25 % de la MS en MAT. Dans le cas du système d'élevage intensif, on note que tous les aliments ont une valeur assez proche en NDF à l'exception du foin d'avoine (Tableau 4) qui possède la valeur la plus élevée (66,7±1,5). Cette teneur a été supérieure à celle trouvée par Khyauli (2000) qui a rapporté une valeur de l'ordre de 42 %. En outre, la teneur en ADL est faible pour tous les aliments analysés. Elle a varié de 10,9 ±1,4 % pour le Grignon d'olive à 2,5±4,3 % pour le concentré (Tableau 4). La digestibilité est influencée par plusieurs facteurs comme l'espèce fourragère, la date de coup du fourrage et sa maturité, les conditions climatiques, les conditions de récolte (Baumont, 2009).

2.3. Caractéristiques chimiques des ressources alimentaires des trois systèmes d'élevage

Il ressort de notre étude que les plantes pastorales étudiées sont riches en composés pariétaux et pauvres en matière azotée totale qui présente 9,1 % de la valeur des ressources alimentaires globale. En revanche la pauvreté des espèces sahariennes en matière azotée

totale est liée à leur mode d'adaptation dans les zones arides et désertiques (Chehema et al., 2010).

En moyenne, les ressources alimentaires broutées par le dromadaire sur le parcours extensif étudié ont une valeur de MS de 41,8 %. Cette teneur faible peut être expliquée par la richesse des plantes pastorales en eau en particulier durant la période de l'étude (Février-Juin) qui sont préférablement consommées par le dromadaire. En effet, Iqbal et Khan (2001) a rapporté que le dromadaire sur le parcours préfère les plantes à haute teneur en humidité et en matière minérale comme les feuilles des arbres et des arbustes et plantes herbacées qu'à l'herbe. Par conséquent, ils sont d'une importance majeure pour le dromadaire qui tolère de longues périodes sans abreuvement (Ben Arfa et al., 2004). Dans le système d'élevage intensif, les ressources alimentaires sont riches en matière sèche (78,87 %). Ainsi, le besoin en eau des animaux est garanti par une distribution *ad-libitum* par l'éleveur dans ce système.

Pour le système intensif et semi-intensif, la teneur en matière azotée est respectivement de 20,2 % et 12,55 %. Subséquemment, la complémentation et le changement du régime alimentaire dans ces systèmes apportent une amélioration nette de la productivité de la chamelle (Moslah et al., 2004).

La caractérisation des 3 systèmes d'élevage étudiés (Tableau 5) a montré que l'alimentation apportée aux chameaux dans le système intensif est relativement riche en protéines par comparaison aux deux autres systèmes. En revanche, les teneurs en MM ont été supérieures dans le système extensif (*Frankinia thymifolia*, *Limoniastrum gynianum*, *Halocnemum strobilacum* et *Salsola tetrandra*) puisqu'il est riche en

Système	MS	MM	MAT	NDF	ADF	ADL
Extensif	41,8	18,54	9,1	55,75	36	11,67
Semi-Intensif	54,1	15,2	12,55	49,67	33,5	7,9
Intensif	78,87	13,9	20,2	50,84	36,42	6,24

TABLEAU 5 : La composition chimique moyenne des ressources alimentaires

MS : Matière sèche par rapport à la matière brute, MM : Matière minérale, MAT : Matière azotée totale. NDF : Les résidus des fibres aux détergents neutres ; ADF : Les fibres insolubles dans les détergents acides ; ADL : Lignine insolubles dans les détergents acides (n=9, pour chaque aliment)

Table 5: Average chemical composition of food resources

DM: Dry matter in relation to crude matter, MM: Mineral matter, MAT: Total nitrogenous matter. NDF : Fiber residues in neutral detergents; ADF : Fiber insoluble in acid detergents; ADL: Lignin insoluble in acid detergents (n=9, for each food)

espèces halophytes ; Khorchani (1995) a démontré que la teneur en cendre de ces plantes peut atteindre 30 % de la matière sèche.

2.4. Caractéristiques physicochimiques des kéfirs

La composition des kéfirs issus des laits des chamelles élevées dans les trois systèmes d'élevages est présentée dans le tableau 6.

Les résultats du tableau 6 montrent un effet significatif du système d'élevage sur les valeurs du pH, de l'acidité et de la matière grasse du kéfir préparé à base du lait de chamelle. Le pH du kéfir obtenu du lait produit par des chamelles élevées dans le système intensif a été significativement plus élevé ($5,28 \pm 0,43$) que celui issu des deux autres systèmes d'élevage (Tableau 6).

La valeur de la matière grasse du Kéfir camelin issu du système intensif est significativement la plus élevée ($45,45 \pm 3,61$ g/l) suivie par celle du Kéfir provenant du semi intensif ($35,45 \pm 4,75$ g/l). Cela peut être dû à l'ingestion des grignons d'olive comme complémentation pour ces chamelles. Ayadi *et al.* (2009) ont montré que l'incorporation de l'ensilage des grignons d'olive dans la ration de chèvre permet d'obtenir un lait significativement plus riche en matière grasse (4,23 % vs. 3,10 % ; $p < 0,001$). Satir et Guzel-Seydim (2016) ont montré que les conditions d'alimentation ont une influence significative sur la teneur en matières grasses et en matière protéique du Kéfir caprin.

Aucune différence significative n'a été révélée pour les valeurs de la viscosité, de la matière sèche, de la matière minérale et la matière azotée des kéfirs camelin issus des trois systèmes d'élevage étudiés.

Systèmes d'élevage	Système Intensif	Système semi-intensif	Système extensif	P
pH	$5,28 \pm 0,43^a$	$4,70 \pm 0,52^b$	$4,48 \pm 0,41^b$	0,004
Acidité (°D)	$68,41 \pm 1,28^b$	$79,23 \pm 1,56^{ab}$	$87,66 \pm 2,00^a$	0,004
Viscosité (cP)	$58,17 \pm 10,58$	$55,7 \pm 12,36$	$51,17 \pm 8,31$	0,674
MS (g/l)	$97,06 \pm 7,36$	$91,92 \pm 33,87$	$117,18 \pm 19,91$	0,072
MM (g/l)	$7,90 \pm 0,52$	$7,70 \pm 2,78$	$8,69 \pm 0,77$	0,555
MG (g/l)	$45,45 \pm 3,61^a$	$35,45 \pm 4,75^b$	$23,99 \pm 4,39^c$	0,001
MAT (g/l)	$24,83 \pm 2,10$	$26,87 \pm 1,75$	$24,36 \pm 1,82$	0,083

TABLEAU 6 : Composition physico-chimique du kéfir issu des laits des chamelles élevées dans différents systèmes d'élevage.

MS= matière sèche, MM= matière minérale, MAT : matière azotée totale. MG, matière grasse ; n= 10 pour chaque système

Table 6: Physico-chemical composition of kefir from the milks of camels reared in different farming systems.

MS= dry matter, MM= mineral matter, MAT: total nitrogen matter. MG, fat; n= 10 for each system.

Quoique la teneur en MM des aliments ingérés par les chamelles en extensif basés sur les espèces végétales halophytes mentionnées précédemment (*Frankinia thymofolia*, *Halocnemum strobilacum*, *Limoniastrum gynianum*, *Zygophyllum album*, *Nitraria retusa* et *Straganum nudatum*) soit très élevée (18,54 %) par rapport à la moyenne des ressources alimentaires distribuées à l'étable, la teneur en MM des Kéfir issus des trois systèmes d'élevage s'avère similaire.

Même si elle n'est pas significative, la légère augmentation du taux de protéines du kéfir issu du lait produit par des animaux élevés en semi-intensif peut être expliquée par la richesse des aliments utilisés dans ce système en MAT (Tableau 2) ainsi ils présentent une teneur en matière azotée de 12,55 % par rapport à la moyenne des ressources alimentaires (Tableau 5). Decruyenaere et al. (2006) ont mentionné que l'augmentation du niveau d'herbe dans la ration (de 0 à 30 % d'herbe) entraîne une augmentation de la teneur en protéine (+0,85 g/jour) dans le lait.

Conclusion

La composition du Kéfir camelin en nutriments essentiels est de mieux en mieux étudiée. Toutefois la qualité nutritionnelle du Kéfir peut être influencée par plusieurs facteurs qui sont encore très peu documentés.

La présente étude a montré que la qualité du Kéfir camelin peut varier sensiblement en fonction de la composition des ressources alimentaires fournies aux animaux.

La composition chimique des aliments étudiés dans ce travail montre que les plantes broutées par les chamelles sont pauvres en MAT en particulier *Aeluropus litoralis*, *Frankinia thymofolia* et *Stipa tenacissima*. Les plantes pastorales étudiées sont riches en composées pariétaux ; la paroi totale NDF varie de 33,89 à 81,11 %.

Cette étude a montré que les conditions d'alimentation ont une influence significative sur la teneur du pH, l'acidité et la matière grasse du kéfir préparé à base du lait de chamelle. Le régime alimentaire en mode intensif a conduit à des concentrations accrues en matière grasse, alors que le Kéfir obtenu à base du lait des chamelles élevées en mode extensif est plus acide. L'élevage camelin en mode semi-intensif qui consiste en un système intermédiaire entre l'extensif et l'intensif peut maintenir un important équilibre entre les besoins de l'animal et la qualité nutritionnelle du lait qui sera traduite dans la qualité des produits fermentés. L'élevage des chamelles laitières dans les systèmes semi-intensifs sont conseillés pour une meilleure production laitière : condition clé pour réussir sa transformation en kéfir du lait camelin tout en maintenant ses qualités nutritionnelles. Par conséquent, il serait utile de déterminer la qualité sensorielle et les propriétés fonctionnelles de ce Kéfir pouvant avoir un apport nutritionnel intéressant.

Remerciements

Les auteurs expriment leur profonde gratitude au Mr TIR Habib pour son assistance au cours de la collecte des échantillons. Nos sincères remerciements vont aussi aux éleveurs pour leur accueil et leur aide pour la réalisation de ce travail.

Accepté pour publication le 09 juin 2023

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, (1993): "Contrôle de la qualité des produits alimentaires. Lait et produits laitier", Afnor (Ed), Paris, France.
- Andrieu J. et Weiss P., (1981) : "Prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages verts de graminées et de légumineuses Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants", éd. *INRA Publications*, Versailles, 60-79
- AOAC (1990). "Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis", 15th ed, Arlington, VA, ed, USA.
- Arab H., Haddi M. L., 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.
- Arroum S., Sboui A., Fguiri I., Ayeb N., Hammadi M., Khorchani T., (2022): "Connaissance et utilisation de kéfir du lait dans le sud EST Tunisien" *31ème Congrès International des Sciences Biologiques et de Biotechnologie ATSB*. 21 -24 mars 2022
- Arsilan S., (2015): A review: "chemical, microbiological and nutritional characteristics of kefir". *CyTA-Journal of Food*, 13(3), 340-345
- Assoumaya C., Sauvage D., Archimède H., (2007) : "Etude comparative de l'ingestion et de la digestion des fourrages tropicaux et tempérés", *INRA Prod. Anim*, 20, 383-392.
- Atigui M., (2014) : Caractéristiques anatomo-physiologiques de la glande mammaire chez la chamelle en Tunisie et son aptitude à la mécanisation de la traite (*Doctoral dissertation, AGROCAMPUS OUEST; Institut National Agronomique de Tunisie*).
- Ayadi M., Keli A., Chentouf M., (2009) : " Effets des grignons d'olive ensilés avec mélasse sur le niveau de production laitière et sur la composition chimique et le profil des acides gras du lait de la chèvre locale du nord du Maroc". *16èmes Rencontres Recherches Ruminants*.
- Ayeb N., Hammadi M., Khorchani S., Khorchani T., (2019) : "Effets de l'incorporation de *Stipa tenacissima* L. et les feuilles d'olivier dans l'alimentation des chèvres sur la production et la qualité du lait", *ffhal-02168461f*
- Azizkhani M., Saris P. E. J., Baniyadi M., (2021): "An *in-vitro* assessment of antifungal and antibacterial activity of cow, camel, ewe, and goat milk kefir and probiotic yogurt". *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 406-415.
- Baumont R., Aufrère J., Meschy F., (2009) : "La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. Fourrages", *Association Française pour la Production Fourragère*, 2009, 198 (198), pp.153-173. *ffhal-01173473*
- Ben Arfa A., Khorchani T., Hammadi M., Chammem M., El Hatmi H., El Jeni H., Abdouli H., Cheniti T.L., (2004) : "Digestibilité et ingestion de la végétation d'un parcours d'halophytes par le dromadaire dans le Sud tunisien". *Cahiers Options Méditerranéennes; n. 62. Zaragoza : CIHEAM*, 2004. p. 301-305 . *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens* .
- Benkerroum N., (2013). "Traditional fermented foods of North African countries: technology and food safety challenges with regard to microbiological risks". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 54-89
- Ben Rejeb M., Ayeb N., Dbara M., Daddi K., Khorchani T., (2020) : " Caractéristiques chimiques et nutritionnelles de quelques espèces pastorales broutées par les dromadaires dans les régions arides tunisiennes", *Fourrages*, 241, 79-85
- Ben Rejeb M., (2021) : "Caractérisation et digestibilité des ressources pastorales dans le sud tunisien et estimation de l'ingestion sur parcours des espèces pastorales chez les dromadaires " *Thèse de Doctorat*, p 128

- Boillon N., Roux M., (1996) : "Utilisation de la luzerne par la vache laitière haute productrice", *Cahiers Agricultures*, 5 : 137-48
- Bradford M.M., (1976): "A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein", *Dye Binding Analytical biochemistry* 72, 248-254 (1976)
- Brezovečki A., Čagalj M., Filipović Dermić Z., Mikulec N., Bendelja Ljoljić D., Antunac N., (2015): "Camel milk and milk products". *Mljekarstvo: časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 65(2), 81-90.
- Chamekh L., Calvo M., Khorchani T., Castro-Gómez P., Hammadi M., Fontecha J., Yahyaoui M. H., (2020): Impact of management system and lactation stage on fatty acid composition of camel milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 87, 103418.
- Chehma A., Faye B. et Bastinelli D., (2010) : "Valeurs nutritionnelles des plantes vivaces des parcours sahariens algériens pour dromadaires". *Fourrages*, 204 : 263-268.
- Decruyenaere V., Belge C., (2006) : "Prairies pâturées. Les règles d'or pour une bonne conduite", *Wallonie Elevages*, n°3, pp 43-46
- Demarquilly C., (1982) : "Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe", *INRA, Actions du climat sur l'animal au pâturage*, Séminaire de Theix, INRA, Versailles, 31 mars-1er avril, 49-63.
- Demarquilly C., Andrieu J., (1988) : "Les fourrages, alimentation des bovins, ovins et caprins", R. Jarrige éd., INRA éditions, pp. 315-335.
- Denium B., Drivenj. P.G., (1975): "Climate, nitrogen and grass. Comparison of production and chemical composition of some temperate and tropical grass species grown at different temperatures", *Neth. J. agric. Sci.*, 24: 67-78.
- Iqbal A., Khan B B., (2001): "Feeding behaviour of camel". *Pakistan Journal of Agricultural Science*. 38: 58-63.
- Faye B., (1997) : "Guide de l'élevage du dromadaire". *CIRAD-EMVT*, Montpellier, première édition, 126 p
- Faye B., Gech S., Khorchani T., (2004): "Le dromadaire, entre feralisation et intensification". *Anthropozoologica* 39(2):7-13
- Faye B., (2009) : "L'élevage des grands camélidés: vers un changement de paradigme". *Institut de l'élevage. agritrop.cirad.fr*
- Fguiri I., Ziadi M., Sboui A., Ayeb N., Atigui M., Arroum S., Khorchani T., (2018): "Effect of the production system and stage of lactation on the microbiological and biochemical characteristics of camel milk". *Journal of Camelid Science*, 11, 57-63.
- Jarrige R., (1981) : "Les constituants glucidiques des fourrages, Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants", éd. *INRA publications, Versailles*, 13-40.
- Hammadi M., Atigui M., Ayadi M., Barmat A., Belgacem A., Khaldi G. and Khorchani T., (2010): "Training period and short time effects of machine milking on milk yield and milk composition in Tunisian Maghrebi camels (*Camelus dromedarius*)". *Journal of Camel Practice and Research* 17, 1-7
- Kayouli CH., (2000): "Profil fourrager", Available from Internet http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/frenchtrad/Tunisie_fr/Tunisia_fr.htm#4.5
- Khan B., et Iqbal A., (2001). "Production and composition of camel milk": review. *Pakistani Journal of Agriculture Science*, 38, p. 3-4.
- Khorchani T., (1995) : "Ingestion sur parcours et pouvoir tampon dans le rumen des dromadaires (*Camelus dromedaries*)", *Thèse de doctorat, Univ. de Gent, Belgique*, 190 p.
- Konuspayeva G., Faye B., et Loiseau G., (2009) : "The composition of camel milk: A meta-analysis of the literature data". *Journal of Food Composition and Analysis* 22, p. 95- 101.
- Longo H.F., Siboukeur O., Chehma A., (2007): " Aspect nutritionnel des pâturages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie", *Cahiers Agricultures*, 16 : 477 – 483
- Moslah M., (1998): La production laitière du dromadaire en Tunisie. *Colloques-CIRAD*, 61-65.
- Moslah M., Hammadi M., Khorchani T., (2004): "Productivité de l'élevage camelin dans les parcours du Sud tunisien". *Ferchichi A.(comp.), Ferchichi A.(collab.). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. Zaragoza: CIHEAM-Options Méditerranéennes*, 62, 343-347.
- Musaad A., Faye B., and Nkhela A. A., (2013) : "Lactation curves of dairy camels in an intensive system". *Tropical Animal Health and Production*, vol. 45, no. 4, pp. 1039–1046.
- Otles S., Cagindi O., (2003): "Kefir: A Probiotic Dairy-Composition, Nutritional and Therapeutic Aspects". *Pakistan Journal of Nutrition*, 2: 54-
<https://scialert.net/abstract/?doi=pjn.2003.54.59>
- Satir G., Guzel-Seydim Z B., (2016): "How kefir fermentation can affect product composition?". *Small Ruminant Research*, Volume 134, Pages 1-7
- Wangoh J., Farah Z., Puhan Z., (1998): "Composition of milk from three camel (*Camelus dromedarius*) breeds in Kenya during lactation", *Milchwissenschaft*, 53, p.136-139.